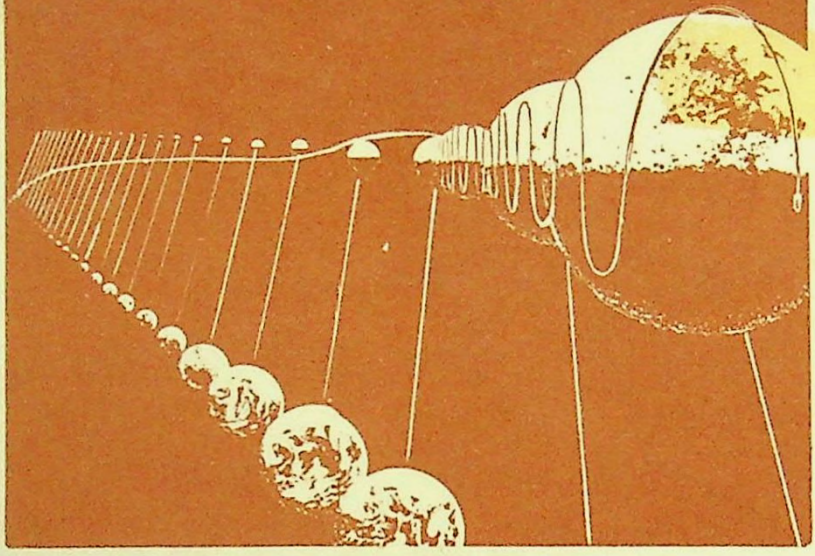
CIENCIAS Y PREVISION CIENTIFICA



30

COLECCION r

J. D. BERNAL
S. R. MIKULINSKII
N. I. RODNYI
y otros

COLECCION

VOLUMENES APARECIDOS

PRIMERA SERIE

1 MANIFIESTO DEL PARTIDO COMUNISTA. CRITICA DEL PROGRAMA DE GOTHA *Carlos Marx / Federico Engels.*

2 LA GUERRA Y LA REVOLUCION.—*V. I. Lenin.*

3 EL PROCESO DE ACUMULACION DEL CAPITAL.—*Carlos Marx.*

4 REVOLUCION Y CONTRARREVOLUCION EN CHINA.—*M. N. Roy.*

5 LA IDEOLOGIA DEL PEQUEÑO BURGUES.—*Jorge Plejánov.*

6 MARXISMO Y HUMANISMO.— *T. Oizerman / V. Malinin y otros.*

7 EL BOLCHEVISMO Y LA DICTADURA DEL PROLETARIADO.— *Lenin / Radek / Trotsky y otros.*

8 FILOSOFIA (Esquemática del mundo. Moral y derecho. Dialéctica).— *Federico Engels.*

9 LA CRISIS DE LA SOCIALDEMOCRACIA. *Rosa Luxemburgo.*

10 LA VIA ITALIANA AL SOCIALISMO.— *Palmiro Togliatti.*

11 EL ESTILO DEL TRABAJO EN EL PARTIDO. *Mao Tse-tung*

12 UNA CARICATURA DEL MARXISMO.— *V. I. Lenin.*

30

SEGUNDA SERIE

26 LA CATEGORIA DE "FORMACION ECONOMICA Y SOCIAL".—*Emilio Sereni / Christine Glucksmann / Maurice Godelier y otros.*

27 LA REVOLUCION DE 1917 (Preparando la toma del Poder). *V. I. Lenin.*

28 CONRA EL PESIMISMO. PREVISION Y PERSPECTIVA.— *Antonio Gramsci.*

29 LA TEORIA DEL COMUNISMO CIENTIFICO EN EL MANIFIESTO COMUNISTA.—*A. Labriola / D. Riazanov.*

30 CIENCIAS Y PREVISION CIENTIFICA.—*J. D. Bernal / S. R. Mikulinskii / N. I. Rodnyi y otros.*

DE PROXIMA APARICION

31 LA GUERRA CIVIL EN LOS ESTADOS UNIDOS (I.—Economia de las fuerzas; II.—Fase militar).— *Carlos Marx / F. Engels.*

32 LA GUERRA CIVIL EN LOS ESTADOS UNIDOS (III.—Fase política; IV.— Victoria y compromisos). *C. Marx / F. Engels.*

33 ENSEÑANZAS DE LA REVOLUCION.—*V. I. Lenin.*

34 PSICOLOGIA Y MARXISMO.— *René Zazzo / Jean Piaget / Paul Ricoeur / Paul Fraisse y otros.*

35 MATERIALISMO HISTORICO Y SOCIOLOGIA.—*Antonio Gramsci.*

2-E

CIENCIAS Y PREVISION CIENTIFICA

J. D. Bernal / S. R. Mikulinskii / N. I. Rodnyi
y otros

CIENCIAS Y PREVISION CIENTIFICA

México, D. F., 1973

J. D. Bernal / S. R. Mikulinskii / N. I. Rodnyi y otros

CIENCIAS Y PREVISION CIENTIFICA

Versión al español de Antonio Montoya Pérez,
de la revista *La Nouvelle Critique*,
París, 1972.

D. R. ©, 1973. Reservados todos los derechos sobre
la presente edición por Ediciones Roca, S. A.
Plan de Ayala, 4, México 17, D. F.

Primera edición

IMPRESO EN MEXICO
PRINTED IN MEXICO

INDICE

Nota editorial 7

J. D. Bernal:
Nuevas perspectivas para el desarrollo de la ciencia y de la tecnología en el siglo XXI . . 9

S. R. Mikulinskii y N. I. Rodnyi:
La ciencia como tema de estudio particular . 15

S. R. Mikulinskii y N. I. Rodnyi:
El lugar de la ciencia de la ciencia en el sistema de las ciencias 51

G. Dobrov:
La previsión del desarrollo científico . . . 75

A. Antchichkine y E. Erchov:
Cuestiones metodológicas de previsión económica 99

Helmut Koziolek:
Aspectos económicos del plan de desarrollo de las ciencias 131

NOTA EDITORIAL

El desarrollo extraordinario alcanzado por la ciencia contemporánea se ha convertido en uno de los grandes problemas que acucian tanto a sabios como a hombres de Estado, a humanistas como a sociólogos, a militares como a políticos, al erudito como al hombre común y corriente. Pues este desarrollo de la ciencia constituye tanto un peligro real de aniquilamiento de la humanidad como un medio capaz de contribuir decisivamente a solucionar los grandes problemas que se le plantean a la sociedad en tanto que masa humana en crecimiento acelerado, con necesidades materiales y espirituales que los hombres de todas las latitudes exigen, con justa razón, que les sean satisfechas. Y estas necesidades aumentan no solamente en relación con el avance demográfico, sino en razón de una conciencia cada día más firme de los derechos existenciales del ser humano.

De aquí que surjan interrogantes múltiples sobre la función social de la ciencia y, a su vez, que entre los científicos surjan también interrogantes específicos acerca de su responsabilidad y de los medios, formas y métodos de hacer frente a esa responsabilidad. Entre estos interrogantes específicos de los hombres de ciencia se presenta el de la previsión del desarrollo científico, es decir, el futuro de su propia labor como hombres de ciencia.

En este libro, que comienza con un breve trabajo

sobre las perspectivas del desarrollo de la ciencia, del gran sabio y luchador por la paz, ya fallecido, J. D. Bernal, se incluyen cinco trabajos de gran densidad relacionados, unos con la ciencia como tema de estudio particular y con el lugar de la epistemología en el sistema de la ciencia; otros con la previsión del desarrollo científico o con cuestiones metodológicas de previsión económica, y, por último, otro con los aspectos económicos del plan de desarrollo de las ciencias. Todos ellos, de gran altura teórica en el marco de su tema específico, darán muchas luces, sin duda, al lector interesado en este orden de cuestiones y serán de suma utilidad en el ámbito de las inquietudes de universitarios y politécnicos que con seriedad se interesan por las perspectivas y el futuro de su labor científica. El último trabajo de este libro, no obstante escrito hace algunos años, pensamos que se presenta en México en momentos que son de gran actualidad para su lectura, pues su contenido está directamente ligado con el intento del "despegue" industrial de nuestro país, tan íntimamente asociado con los problemas de la investigación científica y técnica, a fin de lograr una plena autonomía en los propósitos de desarrollo industrial y, en general, económico.

EDICIONES ROCA

J. D. Bernal

NUEVAS PERSPECTIVAS PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA Y DE LA TECNOLOGIA EN EL SIGLO XX

Toda respuesta a la pregunta "¿Cuáles son los aspectos a corto y a largo plazo de la ciencia fundamental?", para que sea de un interés práctico debe tener en cuenta el mundo actual, ya que son principalmente estos aspectos los que se hallan condicionados, como puede verse ahora, por el papel que la ciencia desempeña en la guerra fría. La investigación científica es de hecho —y lo ha sido desde hace años— un apéndice de la guerra fría. Las ciencias físicas, en particular la física y la electrónica, han sido desarrolladas esencialmente para objetivos militares y no sólo porque sean utilizadas en la guerra real, sino también porque la misma preparación de la guerra condiciona las características de las ciencias implicadas en esta preparación, tales como, por ejemplo, los sistemas de detección como el radar y los sistemas de dirección correspondientes que ponen en juego a la vez la electrónica y los ordenadores.

La investigación espacial no interesa tanto a la estructura del medio interestelar como al estudio de las armas orbitales que pueden destruir varias ciudades y por las contramedidas correspondientes.

El resto de la ciencia está igualmente implicado:

la química produciendo armas mortíferas como el napalm y los escalofriantes destructores de cosechas, y la biología produciendo nuevas bacterias insensibles a los antibióticos. Las ciencias sociales no se hallan tampoco exentas. No sólo se emplean directamente en la guerra psicológica, sino también intentan pervertir la base de la moralidad humana difundiendo la tesis de la necesidad de la permanencia de la guerra (Iron Mountain), de la imposibilidad de la paz y del carácter peligroso de ésta.

Con esto en el espíritu es posible predecir con razonable precisión el progreso de la ciencia a corto plazo lo mismo que a largo plazo, pero todavía no a muy largo plazo, es decir, de treinta a sesenta años. Se puede decir que el progreso a corto plazo está determinado por la extrapolación de las tendencias existentes, sin implicar necesariamente descubrimientos radicalmente nuevos, tales como el principio de la luz coherente (principio del laser). Esta extrapolación supone innovaciones basadas en los principios existentes, como se produce para los ordenadores, hallándose la novedad en este caso en las matemáticas combinatorias y no en la física. Las innovaciones no contradicen ninguna nueva invención, sino más bien el empleo de invenciones conocidas y, según el uso que se hace, son reveladas por las necesidades reales. Piden, pues, no una verdadera ingeniosidad, sino más bien la habilidad de resolver los problemas. Tales son los instrumentos empleados en automación y los sistemas elaborados de dirección electrónica. Es de esta forma como las necesidades militares darán el impulso al desarrollo de los sistemas de

navegación en el espacio, que no representan necesariamente un avance cualquiera en la comprehensión científica.

Durante el estudio, sin embargo, se descubrirán efectos y propiedades de materiales enteramente nuevos, cuyo resultado podrá ser nuevos y verdaderos adelantos de la ciencia, tales como, por ejemplo, los desarrollos en superconductividad y otros efectos electrónicos a muy baja temperatura que ponen en consideración fenómenos quánticos. El desarrollo ulterior de tales propiedades puede ser un proceso directo que, si se le emplea, puede conducir a nuevos descubrimientos. Se trata entonces de descubrimientos fortuitos, pero no premeditados.

Se puede citar como ejemplo mi descubrimiento en 1928, de acuerdo con Kapitza, del método de tratamiento por zona fundida. Kapitza necesitaba un cristal de bismuto muy puro y se dirigió a mí. Encontré un medio de producirlo e incidentalmente encontré y empleé el método muy útil y extremadamente potente de la zona fundida. No pensaba, sin embargo, utilizarlo como método general por razones que parecían sin réplica en aquella época. Kapitza sólo quería estudiar el efecto (raro) de Haas von Aphen, que se produce solamente a temperaturas vecinas del cero absoluto y que, por consiguiente, tenía poca suerte de ser utilizado con frecuencia.

No me vino a la idea que había encontrado un método general de purificación que sería la base de una industria totalmente nueva, la de los semiconductores puros o ligeramente impuros, base de la industria moderna de transistores. Así, el des-

cubrimiento permaneció descuidado todavía durante veinte años. Sabía qué se podía hacer, pero ignoraba que alguien lo necesitara. He aquí precisamente un ejemplo de descubrimiento fortuito de los que podría citar muchos relacionados con mi experiencia personal.

Esto ha debido ocurrir muchas veces en el progreso de la física y debería tenerse en cuenta en su enseñanza. Por ejemplo, el invento del microscopio con contraste de fase, los biólogos no sabían que podía existir, los físicos no sabían que se necesitaba. Era simplemente necesario conseguir que físicos y biólogos se encontrasen. La historia de la ciencia está llena de centenares de millares de ejemplos como éste, de ocasiones evidentemente malogradas, que deberían ser señaladas otorgándoles una mala puntuación. No basta con alabar los descubrimientos afortunados; también deberían ser censurados con toda claridad los descubrimientos malogrados.

Los adelantos importantes de la ciencia no se limitan de ninguna manera a la física. Uno de ellos, en química, que será seguramente desarrollado en los próximos decenios, es el del mecanismo de las transformaciones catalíticas, ya sea con los catalizadores cristalinos o con aquellos que he caracterizado como moléculas cristalizadas o enzimas y que pueden ser naturales o sintéticos. El mecanismo puede ser la sujeción de la molécula de partida, primero de una manera bastante suelta, pero según una orientación bien determinada. Esto se produce gracias a la ayuda de una molécula co-enzima portadora de una energía menos específica y finalmente liberada bajo la forma de una

molécula transformada. La velocidad con que se produce esto podría distinguir enzimas proteínicas de los catalizadores inorgánicos, estos últimos se hallan unidos con mayor solidez a la molécula de partida. Tales progresos conducirán a enormes desarrollos en química de síntesis. Esto no exige necesariamente ser estudiado experimentalmente, pero debería ser verificado por la experiencia. Una buena aproximación por un modelo en teoría quántica puede ser justo, lo que es necesario.

Tales progresos podrían revolucionar a la vez la química y la bioquímica y podrían muy bien ser combinados con estudios tales como los de Lwoff y Monod. Así se podría poner el acento de manera práctica sobre la unidad de todas las ciencias y esto tendrá grandes repercusiones en medicina y en agricultura.

Los otros progresos, los más probables son relativos a estos sistemas donde no se trata tanto de mecanismos como de relaciones, el análisis de las funciones del cerebro, por ejemplo, por medio de analogías con los círculos ordenadores y la relación con los estudios de comportamiento y la etología (ciencia de las costumbres).

Las implicaciones totales de estos progresos penetran forzosamente en las esferas económicas y políticas, y para salvar su innocuidad deberían permanecer absolutamente fuera de las influencias militares y financieras. Todos los ejemplos que he mencionado en esta breve exposición muestran la importancia de las estructuras a escala molecular o a escala funcional.

S. R. Mikulinskii y N. I. Rodnyi

LA CIENCIA COMO TEMA DE ESTUDIO PARTICULAR

(HACIA UNA ELABORACION DE LA CIENCIA DE LA CIENCIA, O EPISTEMOLOGIA)

En estos últimos veinte años, el papel de la ciencia ha aumentado considerablemente. Los grandes descubrimientos científicos han sido siempre el punto de partida de una modificación de ideas que conciernen al mundo que nos circunda y al lugar que ocupa el hombre, de un cambio en la concepción del mundo. Pero la ciencia jamás ha ejercido una influencia tan grande en todas las esferas de la vida pública como hoy. La ciencia se ha convertido en un factor de transformación muy importante. El desarrollo de las fuerzas productivas, el aumento de la potencia económica y militar de los Estados obedecen en gran medida al nivel de evolución de la ciencia y a los ritmos de su desarrollo. No sería exagerado decir que la salida de la competición de los sistemas económicos y sociales depende en gran medida de los ritmos de desarrollo de la ciencia y de la técnica, así como de las condiciones de utilización eficaz de sus adquisiciones, que cada uno de los sistemas sabrá asegurar.

El poderío extraordinario de la ciencia contemporánea, cuya utilización con fines de destrucción constituye un peligro real de aniquilamiento de la civilización y quizás de la vida misma sobre nues-

tro planeta, además del hecho de que el progreso científico y técnico depende de una organización racional de la sociedad, nos lleva a reflexionar: ¿cuáles son las funciones sociales de la ciencia; la responsabilidad de los sabios ante la sociedad; qué lugar ocupa la ciencia y la técnica en la vida de la sociedad; cuál es la influencia que ejercen las condiciones sociales y económicas sobre los ritmos y la tendencia del desarrollo científico y técnico?, etcétera.

El desarrollo de la ciencia exige cada vez más medios materiales y reservas humanas. Basta recordar que según las cifras publicadas en la revista Scientific American (vol. 213, núm. 1), los gastos para la ciencia se han más que cuadruplicado sólo en el curso de los diez últimos años, y en relación a 1941, son veinte veces superiores; alcanzaron en 1965 la considerable suma de más de veinte mil millones de dólares. Los trabajadores científicos en el mundo son más de dos millones. Si a estas cifras añadimos todos los que están al servicio de establecimientos científicos, los empleados de bibliotecas científicas, de casas editoras, etc., podemos doblar este número.

En relación con estos problemas ha aparecido la necesidad de un estudio especial de las leyes del desarrollo de la ciencia, y cómo organizar, planificar, financiar y administrar la ciencia. Esto exige a su vez que se elucide las posibilidades y los métodos de avance del desarrollo de la ciencia y de la técnica; es necesario encontrar criterios cuantitativos de evolución del nivel y de los ritmos del desarrollo científico y técnico, del potencial científico y técnico de los Estados, de la eficacia

económica de las inversiones en tal o cual investigación y de su aplicación práctica; es necesario estudiar la correlación existente entre la extensión de las investigaciones científicas fundamentales y la parte que desemboca directamente en la práctica; dicho de otra manera, hay que contestar a esta pregunta: ¿cuál debe ser el volumen de la investigación científica fundamental para asegurar un ritmo elevado del progreso de las ciencias aplicadas?

El hecho de que la ciencia se haya convertido en una profesión de masas (según los cálculos de algunos autores, el número de los que se dedican actualmente a la ciencia representa el 90 por ciento de todos los que se han ocupado, desde el nacimiento de la ciencia hasta nuestros días) ha suscitado importantes problemas sociológicos: la formación de cuadros científicos, la selección de las especialidades, las formas óptimas de la organización del trabajo en los diversos colectivos de investigación, las condiciones sociales permiten crear y desarrollar escuelas científicas, el acrecentamiento de la productividad del trabajo de los sabios, etcétera.

El aumento de la extensión de las investigaciones científicas, así como la modificación del papel social de la ciencia, llevan en sí una considerable complicación de su estructura y de las relaciones existentes entre sus diversos elementos.

En el siglo XX, particularmente hacia mediados de esta época, la ciencia ha visto multiplicarse sus diversas ramas. Al mismo tiempo se ha reforzado su tendencia a la unidad; la cooperación, la acción recíproca de las ciencias y de sus métodos contri-

buyen al éxito de la investigación científica. Ciencia y técnica se han aproximado. Esto no se manifiesta solamente por el establecimiento de lazos directos entre los institutos científicos y la producción, la aceleración de la puesta en marcha de los resultados científicos, o por la utilización por la ciencia de los medios técnicos más complejos de investigación de la fabricación. El trabajo del sabio aislado, que, en el pasado, por su carácter, era el de un artesano, se ha transformado ante nuestros ojos en diversas ramas básicas de la ciencia, es un aspecto del trabajo industrial con su carácter de masa, su tendencia a un objetivo único y, sobre todo, su división del trabajo.

Finalmente, es cada vez más difícil y casi imposible, sin un estudio especial, profesional, pasar revista a la ciencia contemporánea en su totalidad, descubrir cuáles son sus centros principales en un momento dado, los lazos existentes entre ellos, comprender la lógica interna y las perspectivas del desarrollo de la ciencia. Ahora bien, sin esto no se puede resolver el problema de la creación de los fundamentos racionales de organización y de planificación de la ciencia. Cada vez es más evidente que la ciencia no es una simple suma de conocimientos, es decir, el conjunto de frutos del árbol del conocimiento, sino el árbol mismo, y para que fructifique mejor, para que dé con mayor rapidez mejores frutos con el menor gasto, es necesario conocer este árbol, su estructura interna, las correlaciones y las condiciones de funcionamiento de su sistema y de sus componentes; se debe saber también qué papel y qué influencia ejercen sobre él los factores exteriores.

Se ha hecho necesario elevar el nivel del "conocimiento de sí" de la ciencia, si se quiere utilizar de la manera más eficaz sus medios lógicos y materiales, sus posibilidades de avance de su propio desarrollo.

Estas circunstancias estrechamente unidas —el desarrollo impetuoso de la ciencia, el incremento de su papel social, la complejidad de sus estructuras—, todo esto exige la formación de una rama especializada del conocimiento, que estudie las leyes del desarrollo de la ciencia como sistema particular y como forma específica de actividad. Una ciencia de este género ha tomado forma rápidamente estos últimos años. Se la llama frecuentemente "ciencia de la ciencia", aunque este término no sea muy cómodo. En Polonia, donde los trabajos sobre el estudio de la ciencia como forma particular de actividad suscitan mucho interés y tienen ya una gran notoriedad, se la llama epistemología (T. Kotarbinski). Ultimamente se utiliza, por otra parte, con mayor frecuencia el término "conocimiento de la ciencia", que sustituye nuestra expresión "estudio de la ciencia" (palabra rusa que significa literalmente conducta de la ciencia, *N. d. T.*).

Como siempre, cuando las necesidades objetivas de la vida plantean nuevos problemas a la sociedad, aparece no solamente la necesidad de resolverlos, sino que existen las condiciones para ello. J. Bernal y A. Macka, en su informe "Towards a Science of Science" (Hacia una ciencia de la ciencia), en el XI Congreso Internacional de Historia de la Ciencia (1965) señalaron que las condiciones que favorecen el progreso rápido de la investigación en el terreno de la ciencia de la ciencia, son

1) la extensión y la diversidad de la ciencia contemporánea, que permiten el examen estadístico; 2) el material particularmente rico de la historia de la ciencia que poseemos en nuestra época y que permite distinguir los fenómenos fundamentales del desarrollo de la ciencia y sistematizarlos; 3) la posibilidad, gracias a la riqueza de los estudios de la historia de la ciencia en diversas épocas y en condiciones sociales, económicas y culturales diferentes, comparar y revelar los factores que favorecen tanto el desarrollo de la ciencia, como los que la frenan; 4) la posibilidad, en unión con los grandes centros científicos y sus órganos directores, de llevar a cabo experiencias en materia de organización, de planificación, de financiación, etcétera..., de la ciencia. Se pueden hacer experiencias de este género, sin dificultar el funcionamiento normal de la ciencia y de sus ramas particulares.

Sin embargo, aunque el término "ciencia de la ciencia" parece sobreentender la existencia de una rama particular e independiente de los conocimientos sobre la ciencia, hay que decir que, en nuestra opinión, no está aún nada más que en devenir. Mientras tanto, nos hallamos solamente ante una investigación extendida y activa en el terreno donde se estudian los diferentes aspectos (filosóficos, sociológicos, económicos, históricos y psicológicos) del desarrollo de la ciencia y una tentativa de hacer la síntesis en un solo sistema de conocimiento del funcionamiento de la ciencia, de la lógica de su desarrollo, del proceso del conocimiento científico. En estos últimos años, las publicaciones donde se tratan estos problemas han surgido literalmente como un torrente. Entre los trabajos más

recientes aparecidos en el Oeste, subrayemos la colección *The Science of Science,* que trata ampliamente problemas de la "ciencia de la ciencia" y que apareció en Inglaterra en 1964 (Souvenir Press) para conmemorar el 25 aniversario de la publicación del estudio de J. Bernal *The social fonstion of science* (La función social de la ciencia, Londres, 1939); las colecciones *La methode dans les sciences modernes* (Paris, 1958), *Sociology of science* (New York, Macmillan, 1962), y otras más, que atestiguan el creciente interés que se presta a un estudio especial, sistemático, de la ciencia.

Pero lo que refleja de manera característica la exigencia de nuestra época, son los ensayos que se han hecho para encontrar formas de organización del desarrollo de las investigaciones sobre la ciencia como fenómeno social particular. En 1964 se creó en Gran Bretaña una fundación especial "ciencia de la ciencia" que, en el espíritu de sus organizadores (J. Bernal, D. Price, C. P. Snow) debe funcionar como una organización internacional independiente, llamada a estimular las investigaciones apoyadas sobre el papel social de la ciencia, sobre los principio de su organización, de su planificación, etc., y a reunir las fuerzas de los sabios que trabajan en esta dirección. En la Academia Polaca de Ciencias se ha creado una comisión especial encargada de estudiar los problemas de la epistemología.

La aparición de revistas especializadas dedicadas a la teoría de la ciencia es muy sistemática. Tales revistas empezaron a aparecer en 1965 en Hungría y en Polonia. El primer número de la revista po-

laca *Problemas del conocimiento de la ciencia* está consagrada al crecimiento de la eficacia económica de las investigaciones científicas.

Preguntas particulares, relacionadas con la teoría de la ciencia han encontrado también una respuesta en trabajos de autores soviéticos: G. Vleduts, V. Nalimov, N. Stiajkin ("La información científica, una de las tareas de la cibernética", en la revista *Exitos en las ciencias físicas*, vol. 59, fascículo 1). G. Dobrov (ver *Voprosy Filosofi*, No. 10) ha abordado directamente en sus trabajos el problema de la epistemología. Hay que anotar la serie de artículos y conferencias de los académicos M. Ambartsoumian, Keldych, P. Kapitza, N. Semenov, L. Artsimovitch, y otros, que han planteado las cuestiones de conjunto del impulso y de la organización de la ciencia y que han tratado más particularmente los problemas de la epistemología.

N. Semenov, en una serie de conferencias, subraya que el desarrollo de la ciencia se realiza siguiendo una ley que es muy parecida a la ley del desarrollo de las reacciones en cadena ramificada, y es por lo que su crecimiento es proporcional al coeficiente de la auto-aceleración (y de manera correspondiente, el tiempo empleado para alcanzar un grado determinado de desarrollo de la ciencia es inversamente proporcional a este coeficiente, depende escasamente, si se utiliza una función logarítmica, del punto de partida).

En estos últimos tiempos, diversas instituciones (el Instituto de Información Científica y Técnica, el Instituto de Economía Mundial y Relaciones Internacionales, el Laboratorio de Métodos Económico-matemáticos de Investigación de la sección

siberiana de la Academia de Ciencias de la U.R.S.S., etcétera) han creado grupos especiales, encargados de estudiar la organización y la economía de la ciencia. Un trabajo preparatorio para el desarrollo de la investigación sobre problemas concernientes a la epistemología se efectúa en el Instituto de Historia de Ciencias de la Naturaleza y de la Técnica de la Academia de Ciencias de la U.R.S.S.

No obstante, en el conjunto, nos hallamos con retraso sobre numerosos países en la elaboración de esta rama de la ciencia, y en particular desde el punto de vista de la elaboración de métodos concretos que permiten estudiar la organización de las investigaciones y de los colectivos científicos, su eficacia económica, el nivel de la ciencia y los ritmos de su desarrollo. Está claro que este trabajo no atrae bastantes personas; los grupos que existen trabajan independientemente los unos de los otros, sus esfuerzos no están coordinados.

Respecto a esto, un organismo podría desempeñar un gran papel: sería un concejo científico junto a la Academia de Ciencias de la U.R.S.S., sobre problemas complejos de las "leyes del desarrollo de la ciencia y los fundamentos teóricos, de organización, de planificación y de orientación de la ciencia", donde radicarían especialistas experimentados de las ciencias, de la economía, de la estadística, de la historia de la ciencia, de la filosofía, del derecho, y de la investigación sociológica concreta, al que se confiaría el cuidado de elaborar las principales orientaciones de las investigaciones sobre la epistemología y su coordinación.

Es precisamente en estos momentos, en los pri-

meros pasos del devenir de la epistemología, cuando conviene precisar los problemas fundamentales y elaborar los métodos de investigación, para que se puedan obtener resultados de una significación real y práctica y para colocar los fundamentos del desarrollo futuro de esta rama.

¿Cuáles son, pues, el objeto y los problemas de la epistemología?

El objeto de la epistemología es la estructura general de la ciencia, el modo y las formas de su funcionamiento, los lazos, la relación existente entre los ritmos, la orientación de su desarrollo y los otros fenómenos sociales; la epistemología tiene como objetivo la elaboración de los fundamentos teóricos que permitan organizar, planificar y orientar la ciencia; es decir, el conjunto de las medidas que se apoyan sobre la lógica objetiva del desarrollo de la ciencia, que aseguran los ritmos óptimos de este desarrollo y el crecimiento de la eficacia de las investigaciones científicas.

Del mismo modo que la cibernética estudia las leyes generales de la dirección, independientemente de los sistemas en los que actúan, la epistemología debe estudiar las leyes generales de funcionamiento y de desarrollo de la ciencia y de la técnica propias a sus diversas ramas, que poseen, claro está, rasgos que les son particulares. Se desprende, en primer lugar, que la epistemología debe reflejar los diversos aspectos de la vida de la ciencia y, en consecuencia, apoyarse en los diversos métodos de investigación; en segundo lugar, que existe entre la epistemología y la historia de la ciencia como rama del conocimiento un lazo muy estrecho. La historia de la ciencia constituye la

base, el fundamento de la epistemología. Para que la elaboración de los problemas concernientes a la epistemología pueda tener una significación práctica, hay que estudiar en detalle los caminos concretos de la ciencia, saber: cómo se efectúa un progreso científico, estudiar la experiencia práctica de las investigaciones, es decir, la historia de la ciencia. Sin esto, los ensayos para resolver la mayoría de los problemas de la epistemología se reducirán inevitablemente a la construcción de esquemas abstractos y, en consecuencia, poco utilizables.

El matemático francés e historiador de la ciencia René Taton, lo expresaba de manera directa en su informe al XI Congreso de Historiadores de la Ciencia en Varsovia:

> "[...] el simple buen sentido muestra que un conocimiento por lo menos elemental del pasado de la ciencia y de la metodología científica es indispensable lo mismo para aquellos que se dedican a la investigación científica que para los que tienen como tarea organizarla [...] Los administradores y los organizadores de los centros de investigación y los responsables de la programación deberían igualmente poseer ideas precisas sobre las principales tendencias de la evolución de las ciencias y sobre los diferentes factores de la creación científica. Sería saludable que un estudio bastante profundo de la historia de las ciencias los haya familiarizado con ciertas ideas fundamentales: peligro permanente

de ver la investigación fundamental sacrificada en beneficio de una investigación aplicada más inmediatamente rentable; necesidad de preservar la iniciativa individual; papel importante de la "casualidad" cuando está cuidadosamente preparada; influencia nefasta de todos los dogmas, filosóficos o religiosos, sobre la creación científica, de la censura política, incluida la censura más o menos confesada por algunos sabios que disponen de poderes administrativos muy extendidos, etcétera"... (René Taton. "La historia de la ciencia y la ciencia actual", *Organon*, Varsovia, 1965, No. 2, págs. 223-224.)

No es casual que un gran número de sabios extranjeros, que trabajan actualmente sobre los problemas de epistemología, lo han hecho después de haber estudiado la historia de la ciencia, y continúan trabajando activamente en esta rama, extrayendo de la historia de la ciencia el material necesario para resolver los problemas ardientes de nuestra época (J. Bernal, T. Kuhn, y otros).

La epistemología se forma a partir de un estudio de la historia de la ciencia y de la técnica, de un estudio de los problemas sociológicos, de la lógica de la economía de la ciencia, de un estudio de la psicología de la creación científica y técnica. La síntesis suministrada por el estudio de estas ramas debe contribuir a elaborar los fundamentos teóricos de una organización racional de las investigaciones científicas, de la planificación y de la orientación de la ciencia.

Estas partes constituyentes, u orientaciones, de la epistemología han nacido y se han desarrollado independientemente las unas de las otras y en diversos periodos. Es por lo que el nivel de estudios de su materia se halla lejos de ser equivalente. Algunas acaban de tomar cuerpo, otras existen desde mucho tiempo; por ejemplo, la lógica de la ciencia, particularmente lo que concierne a las cuestiones de método de investigación, de construcción de hipótesis, de teorías de modo de prueba, etcétera.

Hace tiempo que ha nacido, como rama independiente del conocimiento, la historia de la ciencia y de la técnica. Es característico de la situación actual de esta disciplina, que se refuerza, la tesis según la cual esta ciencia no debe presentar un relato épico de la ciencia de ayer, sino sobre todo revelar cómo se han formado los más importantes eslabones cualitativos en la historia de la ciencia.

La historia de la ciencia no es un almacén o un depósito donde se guardan sucesos, ideas; el papel del historiador de la ciencia no se limita a poner orden en ese almacén, a colocar cómodamente los materiales e inventariarlos. La historia de la ciencia no debe sólo, y quizá no tanto, contestar a la pregunta: ¿cuáles son los resultados científicos alcanzados en tal o cuál época?, sino, sobre todo, a la pregunta: ¿cómo y gracias a qué se han logrado esos resultados?

La literatura historiográfica se abre paso, cada vez en mayor medida, a la idea según la cual hay que examinar todos los fenómenos en su contexto histórico; descubrir su génesis, el carácter de su desarrollo y su influencia sobre la historia ulterior de la ciencia; la historia de la ciencia no representa sólo su recuerdo (lo que, claro está, es esencial, pues el

olvido del pasado conduce a veces a desperdiciar sus esfuerzos para repetir lo que se hizo antes), representa también su laboratorio epistemológico; así cumple para la ciencia contemporánea una serie de funciones pragmáticas de las que una de las más importantes es el papel que desempeña en la creación de la epistemología a la que debe servir de base.

Hay que decir, sin embargo, que la historia de la ciencia, a diferencia de otras ramas de la epistemología, no considera la ciencia como una forma particular de actividad. El objetivo fundamental de la historia de la ciencia es el de analizar el desarrollo del aspecto contenido en la ciencia. Es por lo que la historia de la ciencia no queda cubierta del todo por la epistemología: aun sirviéndole de base, conserva, no obstante, su independencia.

El problema de la correlación existente entre la ciencia y la sociedad tiene ya una larga historia. Así, a mediados del siglo pasado, K. Marx y F. Engels, después de haber analizado numerosos materiales, tanto en el dominio de la historia de la ciencia como en el de la historia de la sociedad, descubrieron un método científico que permite resolver este problema y estudiaron muchos aspectos fundamentales. Pero la vida va hacia adelante, y desde hace veinte o treinta años han surgido nuevos problemas sociológicos y lógicos, que, antes, no se planteaban a la ciencia. Así, la tendencia, aparecida recientemente, a hacer la síntesis, la unión de todas las direcciones en un conjunto único, en una sola ciencia, es un fenómeno nuevo. Por supuesto, esto no significa que todos aquellos que se ocupan de epistemología deban ser también espe-

cialistas en todas las ramas de la ciencia. Pero de la misma manera que un organismo representa más que la suma de sus diferentes partes, la síntesis de todas las ramas de la epistemología no es simplemente su totalidad: debe dar una idea completa, más rica, de la ciencia y de las leyes de su desarrollo.

Considerada bajo este ángulo, la epistemología tiene por característica presentar en primer plano un conjunto complejo de cuestiones de orden sociológico. En nuestra época, la epistemología aparece principalmente como una sociología de la ciencia.

El marxismo ha estudiado la correlación entre la ciencia y la sociedad, los lazos que existen entre la ciencia, la producción, y más ampliamente, entre la ciencia y la práctica social en su conjunto; entre la ciencia y las condiciones económicas y sociales de una época y sus instituciones sociales; entre la ciencia y las diferentes formas de conciencia social... etcétera. Este estudio hecho por el marxismo ha ejercido una fuerte influencia sobre los más grandes representantes de la inteligencia científica occidental. Se sabe, por ejemplo, que si J. Bernal se volvió hacia el marxismo, fue bajo la influencia de los informes de los delegados soviéticos, en particular el de B. Hessen, en el II Congreso Internacional de Historia de la Ciencia, en 1931, en Londres.

Recientemente, el sabio americano D. Price ha recordado esto una vez más, en su contribución "The science of escience", en la colección del mismo nombre de que ya hemos hablado.

Sin embargo, estos importantes principios marxistas para un asolución del problema de la correla-

ción entre la ciencia y la sociedad, se hallan aún lejos de ser asimilados por la mayoría de los sabios. De donde una cierta imprecisión de los temas de investigación sobre los problemas sociológicos de la ciencia, lo que, por otro lado, no impide plantear cuestiones nuevas, importantes y obtener resultados.

Una de las principales tendencias de la sociología occidental de la ciencia, es el estudio estadístico del material histórico y científico, que permite determinar ciertas leyes cuantitativas en el desarrollo de la ciencia.

El punto de partida de este grupo de investigaciones es la elección de parámetros, con ayuda de los cuales sería posible caracterizar de manera adecuada las dimensiones, el nivel de los ritmos del desarrollo de la ciencia y precisar así tipos de vínculos entre ellos, en particular determinar cuál es la dependencia entre las dimensiones de la ciencia y su nivel. Estas investigaciones fundadas sobre un importante material estadístico han mostrado que el aumento de las dimensiones de la ciencia se hace de manera exponencial. Se ha establecido una serie de relaciones interesantes: por ejemplo, entre el número de autores de publicaciones científicas y el número de autores que han suministrado una gran parte de la producción científica.

Estas investigaciones han permitido colocar las primeras bases de un análisis cuantitativo de las leyes del desarrollo de la ciencia. Según una estimación algo exagerada de J. Bernal, hay que considerar los resultados obtenidos tan importantes como las más grandes adquisiciones de la ciencia. Si esta apreciación es algo hiperbólica, sin embargo

es valedera como anticipación de los resultados que promete suministrar la elaboración de métodos cuantitativos precisos susceptibles de analizar el impulso y las perspectivas de la ciencia.

Pero las cosas se complican cuando se trata de elegir índices que permiten caracterizar cuantitativamente el nivel de la ciencia. Lo que crea las dificultades de este problema, es que es necesario obtener una característica cuantitativa integral del crecimiento del nivel de cada una de las ciencias fundamentales y de las ciencias de la naturaleza en su conjunto. Los progresos de la ciencia son desiguales. Cada época de la historia de la ciencia ha conocido una ciencia líder, es decir, una ciencia que, en su desarrollo, se distancia de los otros terrenos del conocimiento y que favorece la aceleración de su propio progreso; el desarrollo de las diversas ramas de tal o cual ciencia es, él también, desigual. Ocurre frecuentemente que en una rama determinada que hasta cierta época ha conocido un impulso intensivo se produce una serie de interrupciones, de pausas. Así, por ejemplo, la óptica, después de un crecimiento rápido en el siglo XVII, interrumpió durante mucho tiempo su desarrollo en la primera mitad del siglo XVIII. Al final del siglo XIX, la tendencia líder en química-física era la teoría molecular, que obtuvo grandes éxitos, mientras que en el siglo XX aparecieron en primer plano otras ramas de la química-física, en particular la cinética de las reacciones químicas. El caso de la biología es tal vez un ejemplo más claro aún: después de un gran desarrollo, en la segunda mitad del siglo XIX, de la sistemática y de la morfología sobre las bases del darwinismo, en nuestra época son

la bioquímica y la biología moleculares las que son líderes.

La elección de los parámetros que permiten evaluar el nivel de la ciencia lleva en sí una elaboración cualitativa y cuantitativa de los criterios del progreso de la ciencia. Nos parece que, para caracterizar su desarrollo, es necesario elegir tres grupos de índices: 1) los descubrimientos; 2) los resultados científicos, profundizando una teoría científica existente, o los descubrimientos que extienden la esfera de su empleo, y 3) la creación de nuevas teorías. Los hechos científicos más importantes son los descubrimientos, sobre todo los descubrimientos de nuevos fenómenos, y la creación de nuevas teorías. Un cierto lazo existe entre estos dos grupos de acontecimientos: el descubrimiento de un nuevo fenómeno determina siempre la creación de una nueva teoría, y la nueva teoría explica el descubrimiento en cuestión, que no estaba "inscrito" en la antigua teoría.

Los descubrimientos pueden subdividirse en varios grupos; el criterio de su clasificación es el carácter de la relación existente entre la teoría en vigor y la descubierta. Al primer grupo concierne los descubrimientos que no son explicables por una teoría existente y cuya explicación exige la creación de una nueva teoría. El segundo grupo es el de los descubrimientos implícitamente contenidos en la teoría en cuestión, directamente salida de ella (este género de descubrimientos se realiza todavía en las primeras etapas del desarrollo de una nueva teoría). Tercer grupo: los descubrimientos cuya explicación no exige la explicación de nuevas nociones de principio, pero se hacen posi-

ble gracias a un desarrollo importante y a una profundización de la teoría en cuestión.

El desarrollo de una teoría existente se caracteriza, por regla general, por los momentos siguientes: 1) la precisión de la noción central; 2) la elaboración de nuevas nociones, adquiridas concretizando la noción fundamental, y por eso mismo presentándose como sus nuevos límites; 3) la elaboración del aparato formal de la teoría y también de métodos de investigación que se funden sobre ella, "reclutados" para resolver problemas científicos.

Todos estos momentos del desarrollo de la teoría encuentran su expresión en el aumento de la cantidad y de la importancia de los resultados científicos obtenidos gracias a su ayuda. Estos resultados, así como el desarrollo de la teoría ya existente, traducen la fase extensiva del desarrollo de la ciencia, mientras que los descubrimientos no previstos por la teoría existente y la creación de nuevas teorías son la fase intensiva.

La utilización de índices reviste todavía el sentido siguiente: si no se utiliza nada más que un solo índice, el resultado alcanzado, el progreso científico parecerá lineal, como un crecimiento cuantitativo, y no como un desarrollo cualitativo. La utilización global de índices dados para caracterizar el crecimiento de la ciencia permite representar el crecimiento cuantitativo como una función de las variaciones cualitativas.

El enorme incremento de gastos para la ciencia lleva a plantear el problema de la ineficacia de la utilización de los medios, elegidos por la sociedad, para el desarrollo científico. El problema re-

viste diversos aspectos, y en primer lugar un aspecto social, ya que se mezcla estrechamente al de la planificación de la ciencia, al crecimiento del potencial científico, técnico, económico y militar de un Estado. Hay a continuación un aspecto económico, que es objeto de la economía de la ciencia, rama compuesta a la vez de la epistemología y de la economía política. Se halla, en fin, unida al problema de la organización, de la planificación y de la dirección de la ciencia. Por ello no es extraño que el problema de un buen reparto de los medios otorgados a la ciencia, y de su mejor utilización, sea ampliamente debatido en el mundo entero.

Se debe estudiar también el problema de la elección de criterios. ¿Qué dominios de la ciencia conviene desarrollar en primer lugar? ¿Los que prometen resultados prácticos considerables, o bien aquellos de los que se puede esperar el descubrimiento de nuevas leyes fundamentales, y que a lo largo de su desarrollo permiten elaborar nuevos métodos de investigación?, etc... La discusión está abierta actualmente sobre este tema; los trabajos sobre la física de las partículas elementales cuestan cada vez más, y no se conocen aún sus alcances prácticos.

Sin embargo, teniendo en cuenta la probabilidad de descubrimiento en este terreno de nuevas leyes fundamentales que permitan conocer con mayor profundidad la naturaleza de las cosas, un gran número de sabios piensa que a pesar del coste elevado de los trabajos —por ejemplo, construcción de aceleradores de decenas de miles de millones de electrovoltios—, es necesario favorecer al máximo

estos estudios. El ilustre sabio americano A. Weinberg, en su artículo "Criteria for scientific choice" (Los criterios de la elección de las ciencias) propone considerar como criterio la posibilidad para tal o cual rama de la ciencia de iluminar los problemas de las ciencias limítrofes de la ciencia y contribuir lo más activamente a resolverlos.

Por otro lado, la experiencia de la historia de la ciencia, la desigualdad del desarrollo de sus ramas en diferentes épocas, que ya hemos evocado, todo esto hace que, favoreciendo direcciones líderes en un momento dado, no se pueda, sin perjuicio para el porvenir, ignorar las otras ramas del conocimiento, dado que nuevos descubrimientos o necesidades de la sociedad pueden sustituir una ciencia líder a otra o necesitar, para permitir profundizar en un descubrimiento dado, la participación de ciencias vecinas. Así, el estudio hecho sobre los bacteriófagos y sobre los virus ha dado un gran impulso a la genética, cuyos descubrimientos a su vez, han hecho necesario, para permitir su desarrollo, la participación de la microbiología. Un retraso considerable en tal o cual terreno de la ciencia, así como la falta de cuadros, pueden dejarnos desarmados frente a los problemas que aparezcan en las ciencias vecinas.

Claro que la respuesta a todas estas cuestiones que, en el fondo, conducen a elaborar una estrategia de la ciencia, parece ser sobre todo de la competencia de los mismos investigadores. Pero no se trata sólo de un problema de las ciencias de la naturaleza. Se precisa resolver cada vez toda una serie de cuestiones, entre las cuales las sociales, económicas, metodológicas. La epistemología debe ayu-

dar a elaborar un tal método, liberado de elementos subjetivos de los que es difícil desprenderse los especialistas.

La elaboración de fundamentos racionales que permitan planificar la ciencia es imposible sin un estudio especial, crítico, de la experiencia de la historia de la ciencia, sin un análisis comparado de la importancia, de las posibilidades de diversas orientaciones en la ciencia, y de sus acciones recíprocas. Creando una clasificación (tipología) de los trabajos de investigación científica, se podría ayudar mucho a planificar correctamente la ciencia y a organizar las investigaciones científicas. Las nociones: trabajos preparatorios; investigaciones, cuyo objetivo consiste en descubrir nuevas leyes fundamentales; trabajos destinados a resolver problemas particulares sobre la base de teorías existentes ya; investigación aplicada; experimentación de producción y semi-producción; puesta en aplicación, todas estas nociones han entrado en el lenguaje científico.

La epistemología debe examinar con detalle las particularidades de cada uno de estos tipos de investigación y, particularmente, la correlación, la interdependencia que existen entre ellos.

El estudio sobre el papel de la discusión en el desarrollo de la ciencia, los problemas que conciernen a la planificación, la organización para formar cuadros científicos, la creación y el desarrollo de escuelas científicas, los problemas relacionados con el funcionamiento de los colectivos científicos, todo esto debe ocupar un lugar importante en la sociología de la ciencia. Un objetivo aún más importante perseguido por las investigaciones socio-

lógicas consiste en aclarar las particularidades de las manifestaciones de las leyes de la ciencia en condiciones sociales diferentes, así como la influencia que tienen sobre los ritmos y la orientación de los progresos científicos y técnicos las condiciones sociales y económicas. El significado de tales investigaciones es tanto más importante porque deben al mismo tiempo conducir a una solución del problema de la naturaleza de la ciencia, de sus fuentes, de su génesis, de sus fuerzas motrices.

Habría que empezar por precisar las concepciones fundamentales del desarrollo de la ciencia. En la elaboración de una tal monografía trabaja actualmente el Instituto de Historia de las Ciencias de la Naturaleza y de la Técnica de la Academia de Ciencias de la U.R.S.S.

Una serie de problemas, por ejemplo: ¿cómo determinar el grado de desarrollo de la ciencia y el criterio que permita apreciar su progreso?, tiene una relación directa con la sociología de la ciencia; no la conciernen exclusivamente, pero parecen ser limítrofes entre esta disciplina y la lógica de la ciencia.

Por el término "lógica de la ciencia" hay que comprender las leyes objetivas de funcionamiento y progreso de la ciencia. A título de objeto de estudio aparece como la anatomía y la fisiología de la ciencia, y desde este punto de vista su objeto es la ciencia en general y el mecanismo de su paso de los antiguos conocimientos a los nuevos, es decir, al análisis de la estructura de la ciencia (su composición, el carácter de los lazos existentes entre sus diversos elementos), los medios concretos que permiten obtener nuevos conocimientos, el

descubrimiento de leyes y formas bajo las cuales se realiza este progreso científico. Claro que no se trata de dar una definición rígida, pero no se puede contestar a la pregunta "¿cuál es el objeto de tal rama de la ciencia?" enumerando simplemente los problemas de los que se ocupa.

La definición propuesta de la lógica de la ciencia sobreentiende la necesidad de su unidad íntima con las otras divisiones de la ciencia y con el estudio de todos los factores que influyen en el desarrollo científico.

Los trabajos relacionados con la lógica de la ciencia deben ser una generalización de los fenómenos correspondientes a la historia de la ciencia que descubre lo que posee un carácter universal e indispensable, y deben dar la tipología de estos fenómenos, su clasificación. Sólo apoyándose en el análisis de la génesis de los problemas reales que se han planteado en la historia de la ciencia, en el análisis de las peripecias de su desarrollo, así como los medios para resolverlos, es como se puede descubrir lo que es un problema científico y clasificar los tipos de problemas según su génesis y según los medios de resolverlos.

Tomemos, por ejemplo, una de las cuestiones centrales de la lógica de la ciencia: la de una teoría científica que plantea, por lo menos, el siguiente problema complejo: ¿qué es una teoría científica, cuáles son los elementos, el carácter de su génesis, cuáles son sus formas de desarrollo, cómo se modifican las teorías y cómo se hallan enlazadas? Se puede contestar a esta última pregunta, fuera de consideraciones puramente filosóficas, afirmando que la vieja teoría científica aparece con el funda-

mento de las teorías a las que ella precede, y que la nueva teoría es la continuación lógica de las que la han precedido. Bajo su forma general, esta afirmación es sin duda justa, pero sólo se refiere a teorías cuyo núcleo, como lo muestra la historia ulterior de la ciencia en cuestión, posee un carácter invariable. En cuanto a las teorías científicas de las que lo esencial queda rechazado en el curso del progreso de la ciencia, no se les puede aplicar esta afirmación. Por ello no hay que conformarse con mostrar cuáles son los elementos universales, gracias al análisis del problema dado y de otros problemas de la lógica de la ciencia, sino también suministrar la tipología de los fenómenos correspondientes (por ejemplo, el carácter del movimiento de la teoría).

El contenido de la lógica de la ciencia se compone de problemas de estructuras de la ciencia, del cambio que interviene en el proceso del desarrollo del conocimiento de las relaciones que existen entre la teoría y el método, entre el lado profundo de la ciencia y su mecanismo formal, problemas que conciernen a la clasificación de la ciencia, la reproducción en los conceptos científicos de la historia del conocimiento, la correlación histórica y lógica en el desarrollo de la ciencia, los problemas del descubrimiento científico, de la génesis de los métodos de la ciencia, de la demostración, etcétera.

El movimiento del conocimiento tiene un carácter contradictorio, de donde surge uno de los principales problemas de la lógica de la ciencia como tema de investigación. ¿Cómo explicar la contradicción existente en el desarrollo de la cien-

cia? Esta búsqueda constituye una parte fundamental, importante del estudio de las leyes del progreso científico Como ejemplo de contradicciones, citemos las que existen entre el objeto y el sujeto en las diversas ciencias de la naturaleza; las contradicciones entre los hechos y la teoría; entre las experiencias científicas y la generalización; la contradicción del complejo proceso de aparición de una nueva teoría; la que existe entre las teorías existentes que expresan las características contradictorias de un objeto; las que existen entre el conocimiento y la posibilidad de utilizar prácticamente sus resultados o, ya, las existentes entre la ciencia y la técnica. El análisis de estas cuestiones puede ayudar considerablemente a elaborar una metodología de la planificación de la ciencia. Se encuentra un ensayo preliminar de examen de la cuestión en el libro *Contradicción en el desarrollo de la ciencia de la naturaleza* (Moscú, 1965).

Muchas de las cuestiones enumeradas, como señala a justo título P. V. Tavenetz, conciernen a la metodología de la ciencia, y, sin embargo, no sabríamos desligarlas de la lógica del conocimiento científico, ya que el análisis histórico y lógico aparece aquí como el principal medio de resolver los problemas metodológicos del desarrollo de la ciencia.

Los medios de adquirir nuevos conocimientos se forman en el proceso de resolución de los problemas concretos, de los problemas científicos y de las investigaciones especiales. El problema de la lógica de la ciencia es doble: sistematizar y desarrollar lo que se ha hecho en otros momentos en un nivel intuitivo, como se dice: dar a la base del

análisis de la historia de la ciencia una apreciación sobre la dinámica y las posibilidades del arsenal de los medios científicos y enriquecerlo con nuevas armas, estudiar nuevos medios. La solución del primer problema es ya una cosa importante, cuyo significado es difícil de evaluar. Trabajar con éxito en esta dirección supone que el investigador comprende profundamente la gestión del impulso de la ciencia y siente el pulso de su estado actual. Sólo poseyendo tales cualidades el investigador puede confiar realmente ver su trabajo coronado por el éxito.

La psicología de la creación científica es una de las divisiones importantes de la epistemología. La industrialización de la producción científica ha planteado el problema de la personalidad del sabio y ha actualizado y hecho indispensable un estudio del "factor humano" en el sentido de organizar bien los colectivos científicos y asegurar su buen funcionamiento, en particular, en lo concerniente al reparto de los cuadros y la selección de los dirigentes.

Uno de los principales problemas de la epistemología es el planteado por la investigación del pensamiento creador, por su naturaleza, por los mecanismos y la vía que permita la actividad creadora, óptima, aplicada a un complejo común de problemas cuya solución permita asegurar la organización racional de las investigaciones científicas, así como el incremento de su eficacia. Al igual que en otras ramas derivadas de este terreno del conocimiento, existe ya en el presente caso una cierta experiencia que sirve de punto de partida para una elaboración ulterior de la psicología

de la creación en el sistema general de la epistemología.

Esta experiencia, al principio, se ha acumulado gracias a la ambición de los mismos sabios que querían elucidar cuáles eran los factores del proceso creador que se exhibía frecuentemente como algo místico, irracional. Eminentes sabios han reflexionado sobre la originalidad del genio creador —Helmhptz, Setchenov, Einstein, Kennon, Planck, Varnadaky y muchos otros—. A comienzos del siglo xx, el matemático Poincaré y el químico Ostwald escribieron los primeros libros hablando del problema de la creación científica. Es interesante observar que el libro de Ostwald, donde se encuentran las tipologías de los métodos de creación en las ciencias exactas, apareció cuando el Ministerio de Instrucción del Japón, que empezaba a asimilar los métodos europeos de organización del trabajo científico, pedía que se le ayudase a poner a punto un sistema racional para formar y seleccionar los cuadros científicos.

La necesidad de generalizar la experiencia histórica de la ciencia y de subrayar las necesidades prácticas, necesidad que se había manifestado ya en el primer estadio de las principales transformaciones en la ciencia de la naturaleza, se hace cada vez más apremiante en las condiciones actuales de la revolución científica y técnica. Es evidente que, con un análisis del proceso histórico y científico, el desarrollo de la epistemología permite dar una orientación a los trabajos tendentes a resolver las cuestiones actuales de la formación de la personalidad creadora, del incremento del rendimiento del trabajo del sabio, etc. En los últi-

mos años, se están llevando en este terreno investigaciones muy interesantes, que han tenido un desarrollo intensivo en los Estados Unidos. Se puede juzgar su envergadura considerando, por ejemplo, que en quince años, de 1950 a 1965, más de 500 trabajos (monografías, artículos, compilaciones, etcétera...) fueron publicados en relación con la psicología de la investigación científica. En decenas de colectivos científicos (en los que entra la mayoría de las universidades) se persiguen investigaciones sobre la creación científica y la organización científica del trabajo en la ciencia. Organizaciones gubernamentales participan directamente (El Fondo Científico Nacional, el Consejo Nacional de la Investigación, la Sección de la Investigación del Departamento de Defensa, la Dirección Nacional de la Aeronáutica y de la Cosmonáutica, el Centro de Investigaciones Científicas para preparar el personal de la B.B.C., etc.), así como los institutos de investigación científica pertenecientes a los monopolios, entre los que se hallan los más importantes de los Estados Unidos: "Dow Chemical"; "General Electric" y "Wester Electric Co". De 1955 a 1962, en los Estados Unidos, cinco seminarios especializados sobre la psicología de la creación científica tuvieron lugar, en donde se presentaron gran número de informes. En su mayoría tenían un carácter aplicado e intentaban precisar las exigencias del trabajo creador de búsqueda científica, la formación y las cualidades del trabajador científico, los métodos que permitan elegir a los más aptos para cada tarea, las condiciones y los medios de aumentar la productividad del trabajo de los sabios y, por consiguiente, la eficacia

de las inversiones en la ciencia. Al lado de esto, hay que estudiar también la naturaleza del proceso de creación y sus singularidades, la correlación lógica y psicológica en la creación científica, la influencia que tienen sobre esta última los factores sociales e individuales, etcétera.

En nuestra época, en las investigaciones llevadas sobre la psicología de la creación científica y técnica, aparecen dos tendencias principales: la primera es la de la psicología experimental con utilización del método de encuesta por sondeos después del tratamiento de los datos obtenidos con ayuda de la estadística matemática. Esta dirección posee un carácter específicamente psicológico y depende exclusivamente de los especialistas de esta disciplina. La segunda dirección, que es mucho más antigua y que puede ser llamada tendencia histórica y analítica, se fundamenta sobre el estudio de los materiales de la historia de la ciencia y de la técnica, sobre todo en el estudio de las biografías de los sabios creadores. Aquí se juntan o, podríamos decir, se entrelazan los trabajos de los psicólogos y de los historiadores de la ciencia y de la técnica, aquí se mezclan con los métodos de la investigación histórica, los del análisis psicológico.

En el libro de A. Poincaré *La creación matemática* y en el de W. Ostwald *Los grandes hombres* (traducido del alemán, París, Flammarion, 1912) se encuentran las bases de una tal investigación. Después de la Segunda Guerra Mundial, estas investigaciones han alcanzado un desarrollo considerable y obtenido importantes resultados. R. B. Casttell, por ejemplo, propone, a partir del análisis

de las biografías de ciento cuarenta sabios, un método para crear una tipología de los sabios (G. Robert, C. Cattell, *The personality and motivation of the Research Scientist,* New York, 1954).

Para elaborar métodos estadísticos que permitan analizar la creación científica, se parte del estudio de las biografías. Sobre los materiales de la historia de la ciencia y de la técnica se han basado manuales prácticos dedicados a la organización del trabajo creador de los sabios, como: *The Art of Scientific Investigation,* de W. B. Beveridge, Modern Library Paperbacks, Randon House, 1957, 1a. edición en los Estados Unidos en 1950; *The Modern Researcher,* de J. Barzun y H. Graff, New York, Harcourt, 1963.

Un gran número de observaciones interesantes e investigaciones han sido efectuadas en lo concerniente al estudio de la curva de la creación, particularmente al estudio de la determinación de la edad donde el potencial creador alcanza su máximo.

En el extranjero (sobre todo en los Estados Unidos) se elaboran métodos que permiten determinar las capacidades de los sabios, así como el orden de magnitud de su potencial creador.

Es muy importante precisar: 1) qué papel desempeñan la intuición, la fantasía y la imaginación en diversas ciencias; 2) con ayuda de qué métodos se puede desarrollar, perfeccionar estas cualidades en los científicos; 3) cómo formar el pensamiento creador en los estudiantes. Uno de los medios para alcanzar esta meta es, en nuestra opinión, el de incluir en la enseñanza la historia de la ciencia, que considera las nociones de la ciencia contem-

poránea no como postulados acabados, dados una vez por todas, sino como los resultados de investigaciones de larga duración a veces penosos, llenas de dramas y luchas.

Así, el estudio de los factores psicológicos del desarrollo y de la estructura de la ciencia se inscribe, a título de parte indispensable, en el sistema general de la epistemología. Esta rama no aparece separada de las demás: la lógica, la sociología, la estructura, la economía de la ciencia.

El estudio de la psicología de la creación científica supone que definamos en qué condiciones individuales, sociales y psicológicas, la lógica se descubre y se encarna en los descubrimientos prácticos, hipótesis, construcciones teóricas.

La resolución de esta serie de problemas sociológicos de la ciencia está indisolublemente unida a la determinación de los métodos y de las condiciones necesarias para formar y elegir a los trabajadores más dotados y reclutar colectivos científicos. El método científico que permite resolver estas cuestiones necesita serias bases.

El lazo existente entre el incremento de la productividad del trabajo de los científicos (y esto necesita la ayuda de la psicología) y la economía de la ciencia (reembolso máximo de los gastos comprometidos) es evidente. Todo esto atestigua la correlación interna que existe entre las diversas ramas de estudio de la epistemología, de la necesidad de su elaboración compleja, del hecho de que su aparición expresa una tendencia general a la integración de la ciencia, tendencia en cuyo origen se encuentra la unidad del objeto y, sobre todo, la de la ciencia.

Hemos tratado de seleccionar los problemas que debe resolver la epistemología. Su solución permitirá profundizar nuestra comprensión del modo del funcionamiento de la ciencia en su totalidad y de sus diversos elementos, del papel de la ciencia en la vida social, y, sobre esta base, elaborar principios racionales de organización, de planificación y de orientación de la ciencia. Es el objetivo de un gran complejo de las ciencias. No está por encima de las fuerzas de todas las ciencias que existen hoy.

> "Cuando se estudian los grandes problemas generales de la ciencia, la primera cuestión que se plantea es la del papel que desempeña la ciencia en la vida, en la actividad práctica del hombre —decía recientemente el académico M. V. Keldych—. ¿Qué es, pues, un problema de metodología general, un problema filosófico, o simplemente una cuestión práctica sobre el plan nacional? Pienso que se trata de un gran problema de metodología general y de filosofía del cual nos hemos preocupado poco hasta ahora [...]. Es muy difícil determinar qué orientaciones en ciencia son más importantes en un momento dado; lo que, en el desarrollo de la ciencia, es importante, lo que es secundario; sólo un análisis meticuloso y exámenes regulares de la creación científica permiten hacerlo [...]. Considero que no estamos aún suficientemente preocupados en determinar lo que es esencial en el desarrollo

de la ciencia. Se ha recurrido a la ayuda de la filosofía y de la metodología de la ciencia para resolver cuestiones del género: ¿qué ramas de la ciencia deben desarrollarse ante todo? Ahora bien, todos los sabios deben de ocuparse de esto" (Cf. *Los problemas metodológicos de la ciencia*, Moscú, 1964, págs. 225-227).

La epistemología es una ciencia compleja. Ha nacido del análisis lógico que se ha hecho del desarrollo de la ciencia. Sus fuentes residen en la historia de las ciencias de la naturaleza y de la técnica, que descubre las leyes según las cuales se desarrolla el proceso histórico del conocimiento de la naturaleza. Desde este punto de vista, es inseparable de la historia de la ciencia, que le sirve de base, de fundamento. Los aspectos particulares del desarrollo de la ciencia se estudian desde hace tiempo por las diversas ciencias. Verosímilmente, esto continuará en lo sucesivo. Sin embargo, los éxitos conseguidos y los progresos del estudio de la ciencia considerada como un sistema integral y como una forma particular de la actividad, todo esto dependerá de la rapidez con que aprendamos a analizar el proceso del desarrollo de la ciencia en sus diversos lazos y dependencias. Para alcanzar esta meta, es necesario realizar la unión orgánica de los métodos históricos, científicos, filosóficos, económicos y psicológicos. Esto exige, a su vez, que se encuentre un sistema de formación especial de hombres que trabajarán en esta rama.

Subrayando el carácter multilateral de la epistemología, debemos plantear la siguiente pregun-

ta: ¿qué es lo que desempeña el papel de sostén y enlaza las diversas ramas de estudio? En nuestra opinión, es la lógica de la ciencia la que debe desempeñar este papel, porque aparece principalmente como una generalización lógica de la historia del conocimiento.

Nos parece que las funciones de las diferentes divisiones de la epistemología se reparten de la siguiente manera: la lógica de la ciencia tiende a desvelar "lo que debería ser", es decir, explicar cómo una situación lógica dada en la ciencia determina la aparición de nuevos "nudos" en su creación; la historia de la ciencia muestra cómo en todas partes, en la realidad, se desarrolla el devenir de lo nuevo, revela todos los zigzag y las fluctuaciones que conducen a ello. Las nuevas orientaciones de investigación, la sociología de la ciencia, y otras divisiones, estudian el complejo de los factores que han acelerado el movimiento de la ciencia hacia su objetivo (este objetivo está determinado por toda la lógica de la actividad práctica) o que la han retrasado. Por esto mismo contribuyen a la elaboración de consejos concretos con vista a acelerar el progreso de la ciencia y aumentar el rendimiento de la actividad empleada en la investigación científica.

Sería superficial pensar que la epistemología, incluso bajo una forma desarrollada, sería capaz de proporcionarnos una receta para organizar prácticamente y para planificar las investigaciones científicas en no importa qué terreno y para no importa qué acontecimiento de la vida, que liberaría a los investigadores de la absoluta necesidad de analizar las perspectivas y las orientaciones del

desarrollo de su disciplina. No creemos que nadie pueda caer en esta ofuscación.

Apareciendo, por su misma naturaleza, como la ciencia de las leyes generales según las cuales funciona la ciencia, la epistemología no podrá jamás cercenar el fondo de los problemas.

S. R. Mikulinskii y N. I. Rodnyi

EL LUGAR DE LA CIENCIA DE LA CIENCIA EN EL SISTEMA DE LAS CIENCIAS

En nuestro anterior artículo, "La ciencia como tema de estudio particular", abordamos el problema de la formación, en el curso de estos últimos años, de la ciencia de la ciencia en tanto que rama particular del conocimiento. Esta nueva ciencia ha suscitado numerosas publicaciones. Instituciones científicas que estudian los problemas de la ciencia de la ciencia han surgido en numerosos países conferencias y simposiums dedicados al aspecto metodológico de la ciencia de la ciencia se suceden.

Sin embargo, han surgido discusiones cuando la ciencia de la ciencia se ha constituido en calidad de rama particular del conocimiento: ¿es una ciencia particular o sobreentendemos por esta denominación una serie de disciplinas y corrientes independientes? Hasta aquí las discusiones no han cesado. Por ello nos proponemos en este artículo pasar revista, una vez más, a toda una serie de cuestiones ligadas al papel y puesto de la ciencia de la ciencia en el sistema del conocimiento científico. Si se trata de la ciencia de la ciencia, no es raro oír decir que bajo esta nueva denominación colectiva se esconde el examen de viejos problemas nacidos con la aparición de la ciencia, que la filosofía se ha esforzado siempre en examinar estos

problemas estudiando las leyes del desarrollo del conocimiento humano y de su forma superior, la ciencia. En cuanto a los nuevos fenómenos científicos, se les reduce de hecho a estas dos cosas: el incremento gigantesco de la extensión de la ciencia y, con relación a los periodos precedentes de la historia de la ciencia, la fuerte disminución del plazo que separa la obtención de un resultado de su aplicación en la industria. Se oye decir a menudo que las leyes del desarrollo de la ciencia han sido siempre un tema de interés y de estudio, de la sola incumbencia de los filósofos hasta comienzos del siglo XIX; hoy, a consecuencia del muy rápido desarrollo de la ciencia, se ha hecho objeto el análisis de los mismos sabios, de los que se entregan a una investigación fundamental en una rama cualquiera del conocimiento.[1]

[1] Señalemos que en su tiempo hubo grandes sabios para plantear la problemática de la ciencia de la ciencia; propusieron soluciones que hoy no han perdido todo el interés: recordemos a D. Mendeleev, que, fuera de su actividad científica fundamental, se interesó por un gran número de cuestiones relacionadas con la lógica de la ciencia, con su organización, con la formación de los sabios, con los lazos que existen entre la ciencia y la industria. V. Ostwald se preocupó también de la organización de la ciencia; a él corresponde el mérito de haber puesto de relieve este problema: hacer de la ciencia objeto de un análisis científico. En los trabajos de K. Timiriazev, de V. Vernadski y otros, hemos encontrado pensamientos profundos sobre el carácter del desarrollo de la ciencia, sus rasgos específicos y sus lazos con otros tipos de actividad intelectual y práctica. La ciencia de la ciencia contemporánea debe estudiar con una atención particular la herencia científica de los sabios que podemos considerar no como los precursores, sino como los fundadores de la ciencia de la ciencia. Sin hablar de K. Marz y F. Engels, que, como resultado del estudio meticuloso de un importante material concerniente a la historia de las ciencias y de las técnicas, plantearon sobre bases científicas el análisis de la naturaleza del conocimiento científico, el análisis de los aspectos sociales del desarrollo de la ciencia y de sus funciones sociales: es decir, un amplio abanico de cuestiones de la base teórica de la sociología de la ciencia.

Una tal concepción del estudio de la ciencia parece excluir la necesidad de esta rama específica del conocimiento que es la ciencia de la ciencia. Ahora bien, desde hace unos treinta años, cuando la ciencia se ha convertido en una fuerza social de las más importantes, se ha sentido la necesidad de hacer de ella el objeto de un estudio especializado que no sería el hecho exclusivo de aquellos que hacen de la ciencia su profesión. Señalemos a este propósito que la existencia de una ciencia particular de la ciencia no suprime de ninguna manera la necesidad, para los investigadores en las ramas dadas, de analizar el desarrollo de la ciencia que crean ellos mismos. Son ellos y ellos solos los que tienen la última palabra, por ejemplo, para fijar las perspectivas del desarrollo de tal o cual rama o dirección de la ciencia. El sabio hace todo lo posible para interpretar las vías del desarrollo de su ciencia, así como su estado actual y sus perspectivas futuras.

La existencia de la ciencia de la ciencia no quiere decir intrusión en los terrenos tradicionales de la filosofía o pretensión de sustituirla. La evolución del conocimiento científico no cesará jamás de ser tema de estudio de la filosofía; ésta enriquece constantemente su contenido utilizando los éxitos de la ciencia, amplía sus conceptos y sus categorías generalizando los resultados obtenidos en campos particulares del conocimiento. En fin de cuentas, será siempre objeto de diversas ramas de la filosofía: lógica, gnoseología, cómo estudiar las leyes del pensamiento, los métodos de investigación, elaborar una teoría del conocimiento. El materialismo histórico no puede, sin perjuicio, renunciar a analizar el pa-

pel y el lugar de la ciencia en tanto que institución social en la sociedad. El estudio de los procesos sociales concretos y de sus relaciones en la sociedad no podrían dejar de lado las relaciones que suscita la transformación de la ciencia en uno de los más importantes factores sociales. En este terreno, el estudio de las consecuencias sociales de la revolución científica y técnica contemporánea adquiere una gran importancia.

Las relaciones existentes entre la ciencia de la ciencia y la lógica parecen algo más complejas. Detengámosnos sobre esta cuestión.

Recientemente P. V. Kopnin recordaba que el lógico inglés J. Stuart Mill escribía ya en 1831:

> "Si hay una ciencia al desarrollo de la cual quiero contribuir, me parece que se trata de la ciencia de la ciencia misma, la ciencia de la investigación y del método."
> (P. V. Kopnin, *La lógica del conocimiento científico,* Voprosy Filosofi, 1966, No. 10.)

Cómo escribe P. V. Kopnin.

> "La lógica ocupa un lugar particular entre todas las ciencias, ya que ha empezado y se ha desarrollado como un estudio científico... Poseer el secreto de la ciencia significa comprender las leyes del desarrollo del conocimiento científico, las leyes que rigen la creación de nuevas creaciones teóricas que ponen de relieve las leyes de la naturaleza y de la sociedad. Y sería imposible sin analizar el pensamiento, lo que entra en el cuadro de la lógica" (página 38).

Sin embargo, no se desprende en absoluto de esta afirmación, justa en su conjunto, que los problemas que tiene planteados la ciencia de la ciencia existan en el fondo desde hace mucho tiempo y que serán resueltos por la lógica de tal suerte que la ciencia de la ciencia no sería un objeto particular de investigación y no tendría necesidad de un método específico. Señalemos, no obstante, que un método específico de investigación no es una condición necesaria de la independencia de una rama de la ciencia. Sostener lo contrario significa, según nosotros, rehusar tener en cuenta las grandes mutaciones que se han producido en el siglo XX en las ciencias de la naturaleza. En el siglo XIX podía considerarse un método rigurosamente definido como uno de los criterios de separación de ciencias independientes. El estado actual de las ciencias de la naturaleza nos conduce a investigar otros criterios. Uno de los rasgos característicos de la ciencia contemporánea es la penetración creciente de métodos de ciertas ciencias en otras, el nacimiento de ciencias que tienen por objeto el estudio de las particularidades y las relaciones entre los diversos campos de la realidad; en cambio, un solo y mismo objeto en la ciencia contemporánea puede ser estudiado por diversas ciencias y con los métodos los más diversos. ¿Se puede decir a qué ciencia pertenecen hoy exclusivamente el método de los átomos marcados, el análisis estructural de los rayos X, la cromatografía, etc...? ¿Es que no se hacía aún recientemente un uso dogmático de esta idea: "para cada ciencia su propio método", que se ha querido introducir en biología? ¿Y qué diremos, pues, de la cibernética o de la biofísica?

En la etapa actual del desarrollo de las ciencias de la naturaleza, nos parece preferible distinguir las ciencias por su objeto, la meta de su investigación y la combinación específica de los métodos que se aplican.

La aproximación epistemológica del estudio de la ciencia posee un carácter específico muy pronunciado. Es una aproximación compleja de la investigación, una unión orgánica de los métodos de investigaciones históricas y científicas, lógicas, económicas, sociológicas, psicológicas, que no existe en ningún otro campo del conocimiento. El tema mismo de la ciencia de la ciencia es específico. Hasta ahora la filosofía y la historia de la ciencia han estudiado ésta considerándola casi exclusivamente como un sistema de conocimientos que se expresan por conceptos; han considerado el movimiento y la evolución de estos conceptos; ahora la sociología prevé el estudio de la ciencia en tanto que institución social definida, el estudio de las relaciones que surgen en su mismo seno o entre ella y otras instituciones y fenómenos sociales. La ciencia de la ciencia considera la ciencia como un sistema y como una forma particular de la actividad. La ciencia representa un sistema particular que sin cesar es generador de un nuevo conocimiento y que posee un carácter lógico definido. Representa una forma definida de la producción social. Posee formas definidas de organización que le permiten cumplir las funciones que le son propias, abarca tipos definidos de relaciones tanto para ella misma como para los otros campos de actividad social. Todos estos aspectos del ser de la ciencia tomados en su conjunto, su entrelazamiento, su

interacción dan la imagen de su movimiento, la teoría general del desarrollo de la ciencia y constituyen el objeto de la ciencia de la ciencia.

P. V. Kopnin escribe con justa razón que el objeto de la lógica de la ciencia no es sólo la estructura de la ciencia, el análisis de todos los aspectos del conocimiento deducido de la base, sino que se trata igualmente de obtener un nuevo conocimiento, de crear y transformar conceptos y teorías.

Es evidente que los progresos del sistema del conocimiento se deben mucho a los progresos de los métodos; es el objeto de la lógica y de la historia de la ciencia. Pero ¿podemos, siendo objetivos y considerando las cosas en su realidad, decir que la lógica resuelve estas cuestiones en su aspecto concreto, práctico? No. Esto no quiere decir que la lógica como ciencia en su aspecto inicial y actual sea deficiente. Simplemente, no tiene por objeto los métodos concretos que permiten obtener un nuevo conocimiento, o el descubrimiento de las leyes de la evolución de la ciencia sobre la base del estudio de las situaciones reales de su historia; esto desborda las fronteras de la lógica. Pero estudia las leyes generales del pensamiento productivo, por lo que rinde un gran servicio a la ciencia, siendo el fundamento teórico de las investigaciones y la base de métodos concretos que permiten obtener lógicamente un conocimiento no contradictorio que favorece elevar la cultura lógica del pensamiento.

En nuestra época, en el cuadro de la lógica, se desarrolla rápidamente la lógica de la ciencia considerada como dirección especial de la investigación. Nuestra concepción del objeto y de los obje-

tivos de la lógica de la ciencia ha sido expuesta en el artículo precitado en la revista *Voprosy Filosofi*. En estos últimos años vemos, gracias en gran medida a los esfuerzos de los investigadores, de los filósofos y de los historiadores de la ciencia, una tendencia nueva que llamaremos lógica del desarrollo científico, sabiendo que esta denominación no es la mejor. En nuestra opinión, el objeto de la lógica del desarrollo científico es el de descubrir las leyes y las formas concretas según las cuales se realiza el progreso científico. Esto, claro está, junto al estudio de la organización general de la ciencia y de los mecanismos que le permitan evolucionar hacia un conocimiento nuevo, junto también al análisis de la estructura de la ciencia y los medios de obtener conocimientos nuevos. La lógica del desarrollo científico debe, en efecto, representar la generalización del estudio detallado del progreso científico, es decir, que debe representar la generalización del proceso concreto que permita hacer la génesis de los problemas reales en la historia de la ciencia, de las peripecias de su desarrollo, de los medios con ayuda de los cuales fueron resueltos. Es solamente así como la lógica del desarrollo científico podrá adquirir un significado real y práctico para la ciencia. Su método consistirá en una unión muy estrecha del análisis lógico y de la investigación histórica y científica de los procesos concretos de la historia de la ciencia. ¿Se halla esto incluido en el tema y los métodos de la lógica? Nos parece que la lógica del desarrollo científico rebasa en mucho los límites de la lógica tradicional. La lógica del desarrollo científico así considerada se encuentra en sus primeros pasos. Ya por esta razón no se

puede hacer como si la ciencia de la ciencia no tuviese un tema propio, como si la lógica respondiera desde hace tiempo a las cuestiones que se plantean a la problemática de la ciencia de la ciencia.

¿A qué resultados ulteriores llegará la lógica de la ciencia, asimilará el método histórico concreto, se confundirá con la lógica del desarrollo científico o se convertirá en una ciencia independiente, será una rama particular de la lógica? El porvenir lo dirá. Esto no depende de intervenciones subjetivas de los sabios, de sus gustos y deseos.

Una cosa queda clara: el lazo que une la lógica del desarrollo científico y la historia de la ciencia es más estrecho que el que la une a la lógica tradicional. Sólo reforzando, desarrollando y profundizando este lazo podremos obtener resultados tangibles en el plan práctico. Al mismo tiempo habrá que realizar el nivel de la historia de la ciencia.

La ciencia de la ciencia, "consumidor" de lógica, sobre todo de aquellos de sus resultados que engloban los diferentes aspectos de la creación de un nuevo conocimiento; los utiliza al igual con los resultados obtenidos gracias a las investigaciones en historia de las ciencias, para iluminar el cuadro de conjunto del movimiento de la ciencia, las principales leyes de su desarrollo.

Hay otra fisura en la argumentación de los que creen que la ciencia de la ciencia no posee su propio tema de investigación distinto del de la lógica, bajo pretexto de que ésta ha estudiado siempre la ciencia. No se puede reducir la ciencia de la ciencia a la lógica, ni a la lógica de la ciencia, incluso bajo su forma actual. Desde luego, la lógica de la ciencia persigue así objetivos pragmáticos: busca descubrir

métodos que permitan a la ciencia progresar, quiere reforzar esos métodos, acrecentar su eficacia. Los esfuerzos multiplicados con vistas a conocer todos los procesos del desarrollo de la ciencia (para determinar las condiciones que lo favorezcan al máximo) están en gran medida dedicados a estas investigaciones. Esto representa, por múltiples razones, uno de los más importantes problemas y los más arduos de nuestra época.

No hay que olvidar que la ciencia contemporánea es un sistema de los más complejos, cuyo funcionamiento comporta toda una serie de aspectos económicos, sociales, psicológicos. La organización de la actividad científica es esencial. La sociología, la psicología, las ciencias económicas, etc... se preocupan o deben preocuparse de todos estos problemas. Pero la ciencia como sistema de conocimiento y forma de actividad es una. En su evolución, todo está en estrecha correlación; es imposible estudiar, por ejemplo, la economía de la ciencia descuidando los aspectos sociológicos, psicológicos e históricos de su desarrollo, lo mismo que en nuestra época no es posible estudiar la organización de la actividad científica sin enlazarla estrechamente con la historia, la lógica, la sociología y la psicología de la ciencia. Hay que descubrir, en primer lugar, todo el sistema de las leyes de desarrollo de la ciencia, lo que nos ayudaría considerablemente a ordenar la evolución científica, a acelerarla, a darle su máxima eficacia.

Si consideramos un solo objeto de estudio: la ciencia como sistema complejo cuyos elementos son todos interdependientes, el estudio complejo de este sistema tiene como único objetivo este solo resul-

tado: encontrar las medidas que permitirían elevar la productividad y la eficacia de la actividad científica.

Las discusiones sobre la ciencia de la ciencia exige recordar la situación que existía hacia 1870, cuando V. Dokoutchaiev luchaba para hacer una ciencia del suelo compleja e independiente, ya que consideraba al suelo como un cuerpo natural particular. Los que se oponían a su punto de vista demostraban, con pruebas, que las ciencias mineralógicas, geológicas y químicas estudian la composición y las características de los suelos, que la geografía estudia su tipología y su expansión, la biología su fertilidad, etc... La historia ha mostrado que V. Dokoutchaiev tenía razón, su punto de vista triunfó

La actitud escéptica frente a la ciencia de la ciencia tiene también otros fundamentos. Muchos sabios extranjeros consideran que el desarrollo de la ciencia es un proceso cuyo crecimiento no es regular, sobre el funcionamiento del cual no se puede ejercer la mínima influencia. Ni un solo sabio, según F. Alexandre, tiene la menor noción de las medidas que permiten dirigir y acelerar el proceso de crecimiento de la ciencia (*América*, 85, pág. 58). Resultaría, pues, que el desarrollo científico sería un proceso autónomo. "Cada investigación científica se mueve por caminos desconocidos, nadie sabe adónde conducirá, cuánto tiempo durará, qué horizontes se descubrirán" (idem). Por supuesto, es imposible prever los descubrimientos futuros, los nuevos principios, los cambios inesperados del desarrollo de la ciencia. Pero esto no excluye de ninguna manera el que la condición de un desarrollo normal de la ciencia sea la elaboración de una estrategia de

la investigación, que J. Bernal considera indispensable en nuestra época para encontrar los criterios de evaluación y de elección de los problemas; es decir, en el fondo, para organizar, a gran escala, una planificación de la ciencia.

No es por casualidad que hoy se emprenden tentativas de previsión a largo término del desarrollo de la ciencia: se quiere conocer las posibilidades que hay de evaluar el alcance de tendencias y problemas para quince o veinte años y más (por ejemplo el sistema Pattern).[2] Es indudable que en este terreno van a aumentar, ya que la previsión, la planificación a largo alcance adquirirán cada vez mayor importancia. La fijación de plazos (aproximativos) necesarios para responder a las preguntas ya planteadas sobre las tendencias de la ciencia, debe hacerse con un cierto margen de seguridad.

El problema del descubrimiento de leyes no es nuevo. Los grandes sabios han tratado siempre de despejar el caminar y las circunstancias del desarrollo de la ciencia (la filosofía los ha ayudado mucho a resolver este problema). Pero hoy la solución tiene un alcance nuevo por el hecho del brusco incremento del significado práctico que reviste el descubrimiento de las leyes del desarrollo científico: la experiencia de nuestro país ha demostrado que se puede planificar la ciencia. Comprender todos los aspectos del ser de la ciencia y las tendencias de su evolución, he aquí una plataforma científicamente valedera para el progreso y la planificación de la ciencia, para ordenar su desarrollo y optimizarlo. Bajo esta relación, la reflexión cien-

[2] NDLR: Se encontrará una descripción sumaria de este sistema en *La previsión tecnológica*, de E. Jantsch, O.C.D.E., París, 1968, pág. 244.

tífica es la llave que permite resolver los numerosos problemas planteados por la ciencia contemporánea.

Aquí conviene recordar que desde hace tiempo se ha pensado (Dilthey y otros) que era necesario desarrollar en la ciencia una "orientación crítica", que desempeñase el papel que desempeña la crítica para la literatura. Dilthey estimaba que esta función, para la ciencia, podía ser desempeñada por la historia de la ciencia, lo que permitiría elevar el nivel de la reflexión científica. J. Bernal ha suscitado el mismo problema. Esto debería ayudar a los trabajadores de la ciencia en la elección de una problemática, favorecer el descubrimiento de nuevos "puntos de crecimiento", lazos entre las ciencias, y sobre todo descubrir plenamente las posibilidades de la ciencia.

La noción de "regularidad del desarrollo de la ciencia" sobreentiende una amplia serie de cuestiones. Enumeremos algunas: los impulsos internos y externos del desarrollo de la ciencia, es decir, sus leyes inmanentes y las condiciones sociales que influencian su desarrollo; la tipología de las relaciones que existen entre la ciencia y las otras formas de actividad intelectual y práctica; la evolución de la estructura de la ciencia y de la unión de las ciencias; la formación de nuevas ciencias; la modificación de las relaciones que existen entre la investigación fundamental y aplicada, en particular; el problema de la evolución de la "abundancia" de la ciencia, es decir, de la variación de las relaciones entre el potencial de la ciencia y su utilización práctica; los parámetros y los criterios del progreso científico; la evolución de las posi-

bilidades de previsión de la ciencia; la génesis y el desarrollo de los conceptos científicos y de las teorías, así como las modificaciones de estas últimas; la evolución de las formas organizadas de la ciencia como función de la transformación de su nivel y de su alcance social; las características cuantitativas del crecimiento de las dimensiones de la ciencia; los lazos existentes entre el nivel de la ciencia y sus misiones, etcétera.

Se desprende ya de esta enumeración, que sólo una parte de las cuestiones concernientes al sistema de las leyes del desarrollo de la ciencia es objeto de la lógica del desarrollo científico.

En el sistema de las leyes del desarrollo de la ciencia, se pone naturalmente el acento sobre los "cambios", sobre la metamorfosis que experimentan tales o cuales relaciones o interdependencias, así como sobre el carácter de los lazos entre los diversos aspectos del desarrollo de la ciencia y de sus transformaciones, lo que supone que se les analice sobre un plan concreto e histórico y muestra una vez más el papel esencial de la historia de las ciencias en esta investigación.

El descubrimiento, en toda su amplitud, de las leyes del desarrollo científico y del sistema autónomo correspondiente, lo mismo como institución social que como orientación práctica de los resultados obtenidos en este terreno, tales son los problemas surgidos recientemente, aunque algunos de sus aspectos no vienen de hoy. En nuestra opinión esta tarea fundamental de la ciencia de la ciencia es el punto focal de diversas direcciones de investigaciones anteriores.

Tomemos, a título de ejemplo, un problema ya

mencionado: "la abundancia" en la ciencia, que tiende a que el volumen del conocimiento disponible es más grande que lo que puede ser utilizado. Para apreciar las tendencias que existen aquí, es absolutamente necesario conocer la dinámica de esta relación en la historia de las ciencias, incluida la etapa contemporánea; es indispensable seguir la evolución de las relaciones entre investigación fundamental y aplicada, conocer la ley según la cual se multiplican las disciplinas aplicadas en el curso del desarrollo de las diferentes ciencias, los lazos que existen entre la ciencia y la producción, la unidad entre la ciencia y la técnica.

Así, la ciencia de la ciencia se caracteriza por un entrelazamiento estrecho de los diferentes planes de estudio de la ciencia (lógica histórica de las ciencias, económica, social, psicológica), el carácter complejo de una gran parte de esta problemática, el lugar central que ocupa, en nuestra opinión, el descubrimiento de las leyes que rigen el desarrollo de la ciencia y el carácter de sus modificaciones.

Se llega entonces a plantear la cuestión del carácter universal de estas leyes; ¿engloban todas las ciencias y no experimentarán ninguna modificación durante toda la historia de la ciencia?

Entre las leyes que rigen el desarrollo de la ciencia, hay las que podemos llamar generales. Tomemos, por ejemplo, la cuestión de la transformación de las teorías científicas. Entre las teorías fundamentales que se modifican, existe una relación que caracteriza el principio de la correspondencia: una nueva teoría, más extensa, contiene en ella la precedente considerada como un caso particular o como un caso límite, mientras que la antigua teoría se

presenta de un lado como el fundamento de la nueva, del otro como su sucesión lógica.[3] Esta ley tiene un carácter universal. Lo mismo ocurre con la ley de la diferenciación de las ciencias. En no importa qué época del desarrollo de la ciencia, se puede poner en evidencia el vínculo de la ciencia con la práctica social y la producción. Es siempre el descubrimiento de hechos no incluidos en la antigua teoría, lo que conduce a sustituir la teoría admitida, difundida, por una nueva. En regla general, el paso de no importa qué ciencia a un grado nuevo se halla enlazado con la aparición de nuevos métodos de investigaciones más completas, etcétera.

No obstante, todas las leyes que rigen el desarrollo científico no permanecen idénticas en todas las etapas de su historia. La estructura de muchas de entre ellas se transforma con el tiempo. Por ejemplo, la relación entre la ciencia y la producción no existe, en nuestros días, bajo la misma forma que en los siglos XVII-XVIII e incluso el XIX. En todo caso, hay que cuidarse aquí de las construcciones a priori, no intentar someter los hechos a un esquema determinado, filosófico, cibernético u otro.

La alternativa de la aproximación a priori no reside en el examen empírico de los hechos, sino en el análisis gracias a posiciones precisas, análisis que presupone que se elija y se evalúen los hechos, que se arranque del objeto, que el fundamento sea su estudio, apoyado por las precisiones y los correctivos necesarios, lo que asegurará una

[3] I. Kouznetzov, *El principio de correspondencia en la física contemporánea y su alcance filosófico*, Gostehizdat, Moscú, 1948; A. Arseniev, V. Bibler, B. Kedrov, *Análisis de un concepto que se desarrolló*, Nauka, Moscú, 1967.

eficacia creciente a la investigación en etapas ulteriores.

En el curso de estos últimos años ha habido numerosos intentos de estudio de las leyes del desarrollo científico, incluidos los problemas de la creciente extensión de la ciencia. Todos los países desarrollados practican ampliamente el estudio del funcionamiento de la ciencia, gracias a la estadística y a los métodos matemáticos.*

El resultado fundamental de estas investigaciones es en nuestra opinión el hecho siguiente: el volumen de la ciencia ha aumentado tanto en estos últimos tiempos, que podemos representar este crecimiento con una curva exponencial. Este éxito ha llevado a sobreevaluar las posibilidades del método cuantitativo o más precisamente, a utilizarlo sin justificación para muchos aspectos del desarrollo de la ciencia, que no se pueden analizar desde el punto de vista cuantitativo. J. Bernal, con justa razón, nos pone en guardia contra ese género de intentos tendentes a cuantificar el proceso del desarrollo científico.

Recordemos aquí lo que escribía F. Engels:

> "Si en un terreno que no lo permite se quiere conseguir una certeza matemática, se cae en el absurdo o lo bárbaro" (K. Marx y F. Engels, Obras completas, edición rusa, tomo 1, pág. 638).

N. Wiener, que no puede ser sospechoso de subestimar las posibilidades de los métodos matemáticos, escribía que:

* Los autores utilizan aquí el término "Scienciometrie". (*N. del T.*)

> "Los éxitos de la física matemática han dado envidia de su poder a los investigadores de ciencias humanas que no han comprendido bien la actitud intelectual que era una de las fuentes de ese poder." (N. Wiener, *God and Golem, Inc,* Cambridge, The Mit Press, 1964, pág. 89.)

Para que realmente pueda medirse el desarrollo científico, es indispensable definir previamente índices cuantitativos de los parámetros que caracterizan realmente el volúmen y el nivel de la ciencia y no expresan arbitrariamente los hechos en cifras. Es un problema muy complejo. Los métodos matemáticos de análisis del desarrollo científico no pueden tener un alcance real si no se fundan en un análisis profundo del contenido del fenómeno estudiado. No se trata, por supuesto, de excluir el carácter cuantitativo de muchos aspectos del desarrollo de la ciencia. Sería absurdo. Es posible, y en cierta medida eficaz, utilizar los métodos matemáticos para el análisis de la ciencia como sistema complejo, sobre todo para los fenómenos que tengan un carácter de masa. Hay que añadir, sin embargo, como lo hace con justa razón M. Wiener, que no es ni útil ni honesto dar valores precisos a cantidades imprecisas por naturaleza y que toda pretensión de aplicar fórmulas precisas a cantidades definidas de manera vaga, no es sino engaño, pérdida de tiempo (ob. cit., pág. 91).

En una palabra, se encuentran en el desarrollo de la ciencia aspectos que no pueden, por el momento, ser objeto de un trato cuantitativo; para que así fuera, convendría no copiar los métodos matemáticos existentes, sin investigar nuevos mé-

todos, un nuevo aparato matemático adaptado a la meta que se persigue.

La ciencia de la ciencia, según J. Bernal, implica dos aspectos: uno analítico y otro normativo. Hemos tratado del primer aspecto. El aspecto analítico es el descubrimiento de todo el sistema de las leyes que rigen el desarrollo científico, su modo de funcionamiento y del mecanismo de su evolución. El aspecto normativo consiste en elaborar recomendaciones sobre la base de las conclusiones que las investigaciones científicas han permitido formular. El uno sin el otro no pueden formar un sistema completo de ciencia de la ciencia; como toda ciencia, la ciencia de la ciencia conoce problemas de cognición y problemas pragmáticos.

La ciencia de la ciencia debe tener por objeto esencial el estudio del proceso real de la evolución de la ciencia.

Una analogía se impone. Cuando Lenin emprendió elaborar el plan GOELRO, culpó violentamente a muchos que abordaban este trabajo, ya con una ignorancia total de la situación real del país, ya con un empirismo estrecho.

No se puede construir un modelo óptimo de la organización de la ciencia separado de la realidad, sin un estudio serio de la situación contemporánea y las posibilidades del momento. Hay que ver bien el camino concreto que permite pasar de una situación dada a la realización de un modelo y darse cuenta que no se le puede cruzar instantáneamente, por decreto. Pero sería tan nefasto atenerse a un acceso únicamente factorial, sin un análisis profundo de la situación, sin comprender la naturaleza del problema.

En nuestra época, la sociología de la ciencia empieza a desempeñar un papel importante; sus investigaciones toman dos direcciones: 1) el lugar de la ciencia en la sociedad actual y sus vínculos con las otras instituciones sociales y formas de actividad espiritual práctica; 2) la construcción "humana" de la ciencia, es decir, la jerarquía y los tipos de relaciones en el mundo científico.

El descubrimiento de medios que permitan a la ciencia funcionar como forma específica de la actividad analítica, he ahí un problema sociológico de la ciencia, la ciencia de la ciencia debe conceder igualmente un amplio lugar al análisis de la evolución de las formas de organización de la ciencia, al descubrimiento de las relaciones entre los objetivos de la ciencia y el nivel y el tipo de su organización. De donde la necesidad de investigar un modelo de organización óptima de la ciencia, que prevea diversos tipos de relaciones: relación entre las ciencias fundamentales y aplicadas, entre las ciencias conexas, vínculos de la ciencia con la técnica y la producción, organización del trabajo de los organismos científicos según el tipo de establecimiento del que se trate, etcétera.

No hay necesidad de subrayar la importancia de estos problemas. Estudiar los fundamentos racionales de la organización del trabajo desde el laboratorio hasta el instituto y en toda la red de organismos científicos en escala nacional, sin omitir los problemas de la cooperación internacional para los grandes proyectos, he ahí una de las condiciones esenciales de la optimización de la ciencia, de una eficacia acrecentada de las investigaciones científicas. Hoy este problema es ya muy agudo, lo

será cada vez más. Organizar racionalmente la búsqueda científica, la transmisión de la información científica, el crecimiento de los cuadros científicos, la red de los organismos científicos, la enseñanza secundaria y superior, tal es el problema.

La ciencia de la ciencia debe estudiar la creación científica, donde se pueden distinguir los aspectos lógico y psicológico. Sería un error limitarse a la psicología de la creación científica, pero numerosos problemas se relacionan con este aspecto psicológico: los criterios de elección de los jóvenes para la actividad científica; el estancamiento de jóvenes talentos; la tipología de los sabios; la relación óptima entre los diversos tipos de sabios; el "clima" de la institución científica, etc. Podemos resumir ahora lo que precede de la manera siguiente:

1) El objeto de la ciencia de la ciencia es el estudio de la interacción entre los diferentes elementos que determinan el desarrollo de la ciencia considerada como un sistema completo y una forma particular de la actividad, el estudio de sus relaciones con los otros fenómenos sociales y las instituciones sociales, y de la medida en la que depende de ello el desarrollo de la ciencia.

2) El objetivo de la ciencia de la ciencia es estudiar los fundamentos teóricos que permitan organizar, planificar y administrar la actividad científica. Estos fundamentos podrían llegar a ser una base para elaborar un sistema concreto de medidas científicas fundamentado, que corresponda a una lógica objetiva del desarrollo de la ciencia y que garantizaría los ritmos óptimos de progreso científico y técnico y una eficacia superior de las investigaciones científicas y técnicas.

3) La ciencia de la ciencia engloba un amplio conjunto de cuestiones que para ser resueltas exigen los datos y los métodos empleados por diversas ciencias: historia de las ciencias y de las técnicas, lógica, sociología, ciencias económicas, psicología, derecho, utilización de los métodos de tratamiento matemático de las informaciones estadísticas de la teoría general de los sistemas etc... Sin embargo, ni estas ciencias, ni cualquier otra tomada separadamente, podrán resolver por ellas solas los problemas planteados por la ciencia de la ciencia en su conjunto. Para ello son necesarias dos cosas: una verdadera síntesis de las diversas ramas que estudian los diferentes aspectos del funcionamiento de la ciencia y un estudio verdaderamente complejo de su desarrollo.

4) De la misma manera que la descripción más detallada de los diferentes aspectos de no importa qué procedimiento o la suma mecánica de las partes no dan nunca una verdadera representación del proceso en su conjunto, las disciplinas enumeradas, tomadas separadamente, no pueden descubrir el mecanismo de la evolución de la ciencia en toda su complejidad.

Por ejemplo, el descubrimiento de un sistema de leyes que rijan el desarrollo de la ciencia supone una unión entre el análisis de la historia de las ciencias y de las técnicas y la lógica de su desarrollo. Pero esto no es suficiente. Para comprender por qué el desarrollo de la ciencia ha tomado tal camino y no tal otro, hay que combinar el análisis histórico, técnico y lógico con el estudio de los problemas sociológicos del desarrollo de la ciencia.

Se comprende también los vínculos objetivos muy

estrechos que existen entre los problemas sociológicos de la ciencia, la psicología de la creación científica y los problemas de organización de la dirección científica, vínculos que deben traducirse en el estudio. Si no se toma en consideración la historia, la sociología, la psicología y la lógica del desarrollo científico es inútil tratar de estudiar una teoría de la organización y de la gestión para la ciencia.

Se verifican los resultados de las investigaciones emprendidas para elaborar una teoría de la organización y de la gestión de la actividad científica, el rendimiento de los colectivos científicos y la eficacia de las investigaciones científicas y técnicas. En cuanto a las investigaciones y a los estudios aplicados, se juzgan por sus resultados económicos. Hay que enlazar, pues, el estudio de los problemas de organización y la ciencia y los de su economía

Una síntesis estrecha de las diversas ramas de la ciencia de la ciencia, un estudio complejo del desarrollo científico, pueden, por sí, iluminar los mecanismos de su funcionamiento y dar resultados palpables, sobre el plan teórico y práctico. Esto nos llevará inevitablemente a la unidad de las diversas ciencias que estudian el desarrollo científico, unidad fundada sobre la del objeto y de la meta de la investigación.

G. Dobrov

LA PREVISION DEL DESARROLLO CIENTIFICO

Los métodos de previsión en los diversos terrenos del conocimiento poseen a la vez características comunes y particularidades sobre el plan metodológico. Al mismo tiempo existe un vínculo orgánico estrecho no solamente entre los métodos de previsión de la ciencia y las leyes de las diferentes ramas científicas concretas, sino también, en gran medida, entre estos métodos y las leyes sociales, económicas y políticas que rigen la sociedad.

Nos proponemos, en el marco de este artículo, estudiar algunos problemas planteados por los métodos de previsión en el terreno de las ciencias de la naturaleza y técnicas.

1. *Características generales del desarrollo científico*

Los investigadores han insistido con frecuencia sobre características propias al desarrollo de las ciencias de la naturaleza en su conjunto, como la diferenciación y la especialización de las ciencias, su interacción y su integración y, en particular, el desarrollo rápido de las ciencias "marginales", el perfeccionamiento acelerado de los instrumentos puestos a disposición de los sabios, el nivel, cada vez

más elevado, de la interacción y de la interdependencia entre la ciencia y las fuerzas productivas. Se expresan estas tendencias fundamentales del desarrollo de las ciencias de la naturaleza hablando del crecimiento exponencial del desarrollo de la ciencia.

Se conoce toda una serie de intentos de estudiar el carácter general del desarrollo de diferentes ramas de la ciencia con ayuda de métodos cuantitativos. Tomando como fundamento estadísticas referentes a varios años, sobre el número de trabajos científicos efectuados, resultados importantes obtenidos, publicaciones científicas sobre el número de sabios, la importancia de los créditos destinados a la investigación y la eficacia de la ciencia en la práctica, se han trazado gráficos de "crecimiento de la ciencia" de un carácter bastante parecido los unos a los otros. Con un cierto grado de aproximación, todos pueden ser expresados por una relación según la cual todas las "dimensiones de la ciencia" se duplican en 7 a 15 años según los casos (ver D. Price, *Science since Babylon,* New Haven, Yale Univ. Press, 1962; Pierre Auger, *Tendencias actuales de la investigación científica,* París, UNESCO, 1961).

Cada uno de estos criterios no caracteriza más que un aspecto del desarrollo de este fenómeno histórico complejo que es la ciencia. Pero tomados en conjunto, caracterizan el desarrollo de la ciencia desde el punto de vista cuantitativo. Generalizando los datos así obtenidos, se estima que la ciencia en su conjunto se desarrolla de tal manera que la dimensión de los índices que la caracterizan se duplican por término medio, cada quince años.

Se puede considerar con justa razón que el primer sabio que señaló y formuló la ley del desarrollo acelerado de la ciencia fue Federico Engels. En su obra *Contribución a la crítica de la economía política* (1843-1844), demostrando la inconsistencia de la teoría maltusiana según la cual sería imposible alimentar la población de la Tierra, que crece en progresión geométrica, escribía:

> "[...]. La ciencia progresa proporcionalmente a la suma de los conocimientos que le han legado las generaciones precedentes". (C. Marx y F. Engels, *Obras*, tomo I, pág. 568, ed. rusa.)

El aparato matemático que permite describir la ley del desarrollo exponencial de la ciencia se encuentra en los trabajos de los sabios soviéticos G. Vleduts, V. Nalimov y N. Stiajkine (ver la revista *Exito en las ciencias físicas*, 1959, vol. 69, fasc. 1) así como en la obra de M. Karpov *Las leyes fundamentales del desarrollo de la ciencia de la naturaleza* (Ed. de la Universidad de Rostov, 1963).

A continuación, Engels menciona más de una vez esta ley del movimiento de la ciencia y precisa en particular, en 1875, que no concernía a la ciencia en general, sino a la ciencia liberada del yugo de la teología y de la escolástica medieval. Fechó esta liberación en el periodo que siguió a los descubrimientos de Copérnico (ver C. Marx y F. Engels, *Obras*, t. XX, pág. 347, ed. rusa.)

Señalemos que estas previsiones de Engels han sido confirmadas por la investigación contemporánea. El director del Instituto de Historia de la

Ciencia y de la Técnica de la Universidad de Yale, profesor Derek Price, que ha obtenido a lo largo de estos últimos años una serie de resultados interesantes utilizando los métodos de la estadística matemática en el análisis del desarrollo histórico de la ciencia, demuestra que es a lo largo de los últimos trescientos años, desde los cambios revolucionarios que se produjeron en las condiciones de su desarrollo, cuando se observa un crecimiento acelerado de la ciencia (ver D. Price, *Little science, big ecience,* New York, Columbia Univ. Press, 1963).

Se ha calculado que la mitad de los progresos registrados por la ciencia actualmente ha sido en el curso de los quince últimos años. Es necesario que no sólo los historiadores de la ciencia lo tengan en cuenta, sino también aquellos que la enseñan. En relación con la previsión del desarrollo científico, todo parece indicar que a lo largo de los próximos quince años, la ciencia debe progresar más que en el curso de toda su existencia.

2. *¿Existe un límite al desarrollo de la ciencia?*

La mayoría de los sabios que se esfuerzan en prever el desarrollo de la ciencia y de la técnica, estiman que las leyes que rigen el desarrollo científico en nuestra época serán valederas todavía a lo largo de los próximos decenios. Pero, si quieren aventurarse con previsiones más lejanas, tropiezan con el problema de lo que se llama "el límite general del desarrollo científico". Aquí las opiniones difieren considerablemente y encontramos incluso afirmaciones extremadamente pesimistas.

Si descartamos una alternativa tal como una

guerra termonuclear mundial, para responder a esta pregunta, es necesario examinar la influencia de tres principales grupos de factores sobre el porvenir del progreso científico:

a) las condiciones sociales del desarrollo y los rasgos característicos de la utilización de los resultados de la ciencia;

b) el problema de los límites en el desarrollo de las ramas particulares de la ciencia y de la técnica impuestas por la naturaleza (reservas, necesidades, posibilidades);

c) las contradicciones internas del desarrollo científico.

Es innegable que las condiciones sociales en los países capitalistas tienen una influencia negativa sobre el ritmo y el carácter del desarrollo científico. Es una manifestación de las contradicciones cada día más vivas entre las fuerzas productivas y las relaciones de producción, que se agudizan cada vez más a medida que la ciencia se transforma en una fuerza productiva directa. Esta cuestión se estudia en toda una serie de trabajos de investigadores soviéticos (ver, por ejemplo Y. Cheinine, *La ciencia y el militarismo en los Estados Unidos,* Ed. de la Ac. de C. de la U.R.S.S., 1963). Es por lo que, sin detenernos en este aspecto de la cuestión, estimamos necesario señalar que el capitalismo, freno del desarrollo de la ciencia, no es, sin embargo, capaz de detenerlo completamente.

Respecto a los límites impuestos al desarrollo de tal o cual ciencia por las condiciones naturales, señalemos los siguientes hechos.

Se conocen los límites impuestos por la naturaleza (el clima, el ciclo de la materia en la biós-

fera) a la utilización, por ejemplo, de la reacción termonuclear con fines energéticos (ver N. Semenov, *El humanismo de la ciencia* en la colección "La ciencia y la humanidad", Moscú, Znanie, 1962, págs. 28-39). Esta contradicción no hará nada más que precipitar la solución de un problema que ha alcanzado su madurez aun sin eso: el estudio profundo y complejo de las leyes del clima y de la biósfera. Esta contradicción traerá una utilización intensa de las otras fuentes de energía que pueden "entrar" sin dolor en el ciclo terrestre de la materia.

No está excluido que en el proceso de interacción de la ciencia, de la técnica y de la naturaleza, los ritmos de desarrollo de algunas ciencias disminuyan con el tiempo. Pero en el progreso de la ciencia y de la técnica en su conjunto, este proceso se acompañará del desarrollo de otras ramas y en particular de numerosas ramas nuevas. El problema de la interacción y de la interdependencia dialécticas del progreso científico y técnico, de un lado, y de la naturaleza, del otro, merece actualmente una atención particular de parte de los hombres de ciencia y de los filósofos marxistas.

Consideremos ahora la cuestión de las contradicciones internas del desarrollo científico, susceptibles, según toda una serie de teóricos extranjeros, de frenar e incluso de "ahogar" el progreso de la ciencia. Es lo que encontramos, por ejemplo, en la "teoría de la saturación" de la ciencia a medida que se va desarrollando.

Extrapolando en el porvenir de las curvas exponenciales del desarrollo de la ciencia, el sabio americano D. Price, ya citado, considera que la ley

exponencial de progresión será aún valedera durante un periodo de treinta años. A continuación, al cabo de otros dos periodos de duplicación (es decir, al cabo de otros treinta años), las curvas que caracterizan el desarrollo verdadero de la ciencia diferirán cada vez más netamente de la curva ideal que representa el "crecimiento exponencial puro" aproximándose asintóticamente a un cierto "límite de saturación".

Los partidarios de una tal teoría enlazan estos cambios con el carácter del desarrollo científico únicamente a lo que se llama "las influencias represivas internas" de las que exponemos aquí las principales:

1. El crecimiento inaudito de la información científica que, ya ahora, en numerosos casos, rebasa la posibilidad de asimilación del hombre. Es inevitable que, en el porvenir, se tengan que hacer resúmenes de resúmenes, y tal vez "resúmenes al cubo"...

2. La influencia negativa de la especialización cada vez más estrecha de los sabios. "Se va hacia una situación donde sabrán todo sobre casi nada".

3. La necesidad de extender más allá de cualquier límite los estudios de los que se preparan para estar a la vanguardia de la ciencia. "Cuanto más capaz es el individuo, más tiempo estudia".

4. El hecho de que se alcancen los límites de la capacidad de generalización del cerebro humano.

5. El "agotamiento" de las posibilidades de la ciencia misma a medida que descubren los secretos de la naturaleza.

Partiendo de tales consideraciones, los partidarios de estas teorías formulan grandes reservas

sobre el porvenir del progreso científico. De este modo, D. Price terminaba un artículo publicado sobre este problema en 1962 con esta frase: "La teoría aún incompleta que acabamos de exponer en sus grandes líneas muestra de una manera suficientemente clara que nos hallamos muy cerca de una crisis que debemos prever de una u otra manera mientras no es demasiado tarde todavía". (*The Sociology of Science,* Glencoe, Free Press, 1962, pág. 524.)

Estamos convencidos que el nivel alcanzado por la ciencia moderna, en particular con el desarrollo de la cibernética, permite considerar la "teoría de la saturación" como errónea, aunque algunos de sus argumentos reflejan dificultades y problemas que existen realmente. Examinémoslos en el orden que acabamos de indicar.

Primero, la automatización de toda una serie de funciones de trabajo científico ha rebasado ya el estadio de la experimentación. En el futuro, la máquina responderá al problema que le habremos planteado no sólo suministrando una información bibliográfica, sino seleccionando los resúmenes y proporcionando así un material científico y técnico nuevo. Se busca, igualmente, crear sistemas lógicos de información para ayudar a los sabios a explorar un volumen importante de informaciones clasificándolas, determinando su novedad, su exactitud, su importancia, etcétera.

Segundo, el desarrollo que se observa actualmente en ciencias con disciplinas muy alejadas unas de otras, permite afirmar con certeza que no es la estrechez de la especialización la que indicará el porvenir de la ciencia. A medida que se

penetran los secretos de la naturaleza y en particular de la naturaleza viviente, veremos los vínculos entre las ciencias aparentemente alejadas; sin espacios estancos entre las disciplinas, el especialista del futuro tendrá el horizonte más vasto que pueda concebirse.

La especialización estrecha es un defecto del pasado —y del presente también— porque el conjunto de los problemas planteados a los investigadores rebasa las capacidades del cerebro humano, reducido a sus posibilidades fisiológicas e insuficientes armado desde el punto de vista técnico. Pero en nuestros días, con los progresos de la cibernética, de la electrónica, de la metrología, etcétera..., vemos acrecentarse de forma rápida el equipo técnico del trabajo intelectual.

Es evidente que, para que esta tendencia se acentúe, *es necesario mejorar considerablemente la organización científica del trabajo en la ciencia moderna.*

Tercero, hemos empezado ya a modificar nuestros métodos de enseñanza a fin de aumentar su calidad y acortar la duración. Podemos presentar así algunos ragos fundamentales de esta reforma de la enseñanza:

a) aproximación entre la enseñanza y los problemas planteados por la práctica (en el amplio sentido de esta palabra, que incluye tanto los problemas planteados por la práctica directa como los problemas teóricos generales);

b) utilización en una gran escala de las máquinas de enseñar que permiten individualizar al máximo la enseñanza y aumentar la eficacia;

c) revisión fundamental del contenido de los cursos dados a los estudiantes; transformación de

toda una serie de estos cursos en trabajos generales de referencia;

d) introducción en la enseñanza de disciplinas especiales que permitan a los futuros especialistas comprender correctamente el proceso del desarrollo científico y técnico; explicación creadora de las contradicciones, de los motores y de las leyes del progreso científico y técnico en su conjunto;

e) utilización cada vez más amplia, en todas las etapas de la enseñanza, de métodos que inculquen la costumbre de adquirir conocimientos nuevos de una forma independiente, es decir, enseñar algoritmos de generalización científica y no suministrar la información al nivel inferior.

Para llevar a buen fin una transformación tan radical de todo el sistema de enseñanza, es necesario coordinar los esfuerzos de un gran número de ramas de las ciencias de la naturaleza, técnicas y sociales; es igualmente necesario —y esto no es lo menos importante— que la ciencia pedagógica *se coloque por delante de la práctica de la enseñanza.*

Cuarto, la necesidad de reforzar las posibilidades intelectuales del hombre mediante las más recientes técnicas se deja sentir claramente en la ciencia moderna. Numerosos trabajos se están realizando actualmente sobre este problema.

Durante los últimos quince años, la velocidad con que las calculadoras electrónicas efectúan las operaciones ha aumentado considerablemente. Ahora se trata de poner a punto máquinas capaces de realizar centenares de miles y millones de cálculos por segundo. Se considera que incluso mil millones de operaciones por segundo no constituirá

un límite para los sistemas automáticos del futuro. Las posibilidades lógicas de las máquinas aumentarán al mismo tiempo que su velocidad. Se ha demostrado ya sobre el plan teórico y aun, en toda una serie de casos, sobre la práctica, la posibilidad para las calculadoras electrónicas de efectuar operaciones intelectuales tan complicadas como la demostración de teoremas complejos, la deducción de fórmulas, la construcción de teorías generales, etc. Los elementos mismos que compondrán las calculadoras del futuro diferirán fundamentalmente de los que se utilizan actualmente. No es un sueño del espíritu imaginarse la creación, en el futuro, de calculadoras perfeccionadas para uso individual y apenas más grandes que un transisto actual.

Pero no se trata sólo de crear instrumentos "intelectrónicos" sólidos y de pequeño gálibo. Se sabe que en el hombre, la recepción de la información se efectúa varias veces menos rápida, y la transmisión de datos y órdenes es todavía diez veces más lenta que los procesos lógicos de transformación de la información que pasa por el cerebro. Fabricar para el hombre instrumentos que acelerarían la recepción y, sobre todo, la transmisión de la actividad intelectual y neurofísica, constituye un problema fundamental. La ciencia, creando aparatos que funcionan en corrientes bioeléctricas tiende ya hacia la supresión de ese "cuello de estrangulación" en el sistema humano. Es posible que en el futuro estos aparatos sean de una utilización tan corriente como, por ejemplo, hoy, las gafas o, mejor, los prismáticos, que permiten aumentar varias veces la potencia de la vista.

Al hablar de las posibilidades prácticamente ilimitadas del desarrollo de los medios técnicos puestos a disposición del trabajo intelectual, no se debe, aun así, olvidar las inmensas posibilidades del mismo cerebro para mejorar su trabajo. Algunas cifras permiten hacerse una idea de la importancia de estas posibilidades. De los 10 a 14 mil millones de neuronas que se encuentran en el cerebro, el hombre no utiliza prácticamnte nada más que el 4 por ciento. Si se llegara a utilizar el resto, la potencia colosal que representa actualmente el cerebro humano aumentaría aun veinticinco veces (George L. Haller, "Our state of mind in 2012 AD," en *Proceedings of the IRE,* New York, 1962, vol. 50, págs. 624-727). De todas formas, el trabajo en común de equipos cibernéticos perfeccionados y del hombre bien preparado, dirigiendo este equipo, conseguirá realizar, en el futuro inmediato, un salto considerable hacia adelante de la fuerza intelectual de la humanidad.

En fin, consideremos la *quinta* conclusión de la "teoría de la saturación": el "agotamiento de los problemas que se plantean ante la ciencia". La naturaleza es conocible, infinita e inagotable, tal es la verdad filosófica marxista confirmada por toda la experiencia histórica del conocimiento humano.

"No debemos olvidar nunca, la historia de las ciencias está ahí para demostrarlo —escribe el gran sabio francés Luis de Broglie—, que cada progreso de nuestros conocimientos plantea más problemas que los que resuelve, y en este terreno, cada tierra nueva descubierta nos hace entrever inmensos continentes desconocidos todavía" (*Sobre los senderos de la ciencia,* París, Albin Michel, 1960, pág. 381).

Evidentemente, a medida del progreso científico y técnico en su conjunto, el desarrollo de algunas ramas de la ciencia se apartarán de la curva de crecimiento ideal. Como los ejemplos habidos en el pasado, algunas disciplinas pueden conocer un periodo de desarrollo lento. Es posible igualmente que las curvas de desarrollo de algunas ramas de la ciencia se aplasten temporalmente.

¿Qué significan estos fenómenos y cuáles pueden ser sus consecuencias? Nos parece que testimonian: o que en tal terreno del conocimiento es absolutamente necesario utilizar métodos, ideas cualitativamente nuevas, o que las necesidades de la práctica no exigen ya un desarrollo acelerado en esta vía.

En el primer caso, podemos decir con certeza que tarde o temprano encontraremos los métodos y los medios científicos y técnicos nuevos necesarios para una ciencia dada; aparecerán igualmente ideas científicas nuevas y fecundas.

En general, quienes emitan estas ideas serán teóricos audaces capaces de rebasar los métodos y las concepciones tradicionales que dominan una rama dada de la ciencia. En la medida en que el tiempo pase, el trabajo unificado y creador de *colectivos* que organicen y utilicen de manera armoniosa las diversas capacidades individuales, los conocimientos y las opiniones de numerosos investigadores se convertirá en el factor decisivo para la elaboración de estas ideas y métodos científicos fundamentales.

En el segundo caso, se produce una reducción natural del dominio de las ramas correspondientes de la ciencia hasta la aparición de nuevas exigen-

cias de la vida (lo mismo en el aspecto práctico que en el teórico) capaces de dar a conocer, generalmente sobre bases científicas y metodológicas nuevas, una disciplina relativamente "rebasada". Actualmente, y sobre todo en el futuro, las ciencias que llamamos con justa razón fundamentales, como las matemáticas, la cibernética, la física, la química, la biología desempeñan y desempeñarán un papel cada vez mayor en este proceso normal.

La ciencia no se desarrolla según una línea recta ideal, sino según una curva donde se pueden encontrar periodos de desarrollo impetuoso y algunos estancamientos. En el pasado, igualmente, se ha podido observar tales ejemplos de irregularidades en el desarrollo de toda una serie de dominios del conocimiento, ciertamente provocados por el paso dialéctico de la acumulación cuantitativa del conocimiento, de la experiencia, de los métodos, etcétera..., a los cambios cualitativos en el contenido mismo de la ciencia. La química puede dar un buen ejemplo de un desarrollo de este orden. Si tomamos los ritmos de descubrimiento de nuevos elementos químicos como índice del carácter general de su desarrollo, la curva del desarrollo de la química entre 1730 y 1952 tiene este aspecto (ver Derek J. de Solla Price, *A calculus of Science in International Science and Technology,* 1963.)

Se observa en particular que después de 1860, el ritmo de desarrollo de la química, que había aflojado, tomó un nuevo impulso. Es la época del descubrimiento de la clasificación periódica de los elementos químicos (1863), de los trabajos de toda una pléyade de químicos célebres en el mundo entero, es la época en que se adoptaron métodos

de investigación fundamentalmente nuevos. Los años 40 del siglo xx señalarán otro giro en la historia de esta ciencia: vieron aparecer concepciones nuevas sobre la estructura de la materia y potentes medios técnicos para estudiarla. Esto dio un nuevo impulso al desarrollo de la ciencia.

Historiadores de las ciencias de la naturaleza y de la técnica, especialistas de la historia general, sociólogos y filósofos deben hacer convergir sus esfuerzos para estudiar el carácter general del desarrollo de la ciencia y sus diversas ramas.

Los historiadores de la ciencia deben analizar ahora, con los matemáticos, los filósofos y los economistas el problema de los "instrumentos de medida" del desarrollo científico. Para evitar los errores metodológicos, hay que hacer una diferencia muy neta entre, por un lado, los parámetros que, por su misma naturaleza, no pueden crecer sino de forma limitada (por ejemplo, la proporción de investigadores científicos) y tienen tendencia a desarrollarse siguiendo una curva logarítmica, y, del otro, los parámetros que no tienen a priori límites de desarrollo, como, por ejemplo, el número de problemas que pueden plantearse a la ciencia y la cantidad de conocimientos científicos. Para esta última categoría, es un error establecer una "curva de saturación".

3. *Productividad de los sabios*

Consideramos que analizando el desarrollo histórico de la ciencia por métodos estadísticos, es completamente erróneo considerar los hechos aislados unos de otros. Nos parece más fructífero

adoptar el método que consiste en examinar en su conjunto los datos estadísticos sobre el desarrollo de materias concretas y estrechamente unidas unas a otras en el interior de la tríade clásica "P-T-S" (Producción-Técnica-Ciencia).

Comparando los cambios de ritmo del desarrollo de una materia dada de la producción (como, por ejemplo, la extracción de carbón), de su equipo técnico (por ejemplo, la cantidad y la potencia de las máquinas de extraer el carbón), y de la ciencia (por ejemplo, el nombre de publicaciones científicas teóricas sobre el arranque del carbón, sobre la mecanización de las minas), se puede extraer una conclusión precisa sobre el nivel y la ituación del progreso científico y técnico en esta ama concreta.

Es así como la relación $\frac{dT}{dt} > \frac{dP}{dt} > \frac{dS}{dt}$ que se observa en la industria del carbón atestigua el desarrollo de esta rama de la ciencia sobre las necesidades de la práctica, lo que explica que el crecimiento cuantitativo rápido de la técnica no va acompañado de una mejora tan rápida de los índices cualitativos de producción como el precio de coste, la productividad, etcétera.

La relación óptima para el periodo actual, donde se crean las bases materiales y técnicas del comunismo es probablemente la relación siguiente: $\frac{dS}{dt} > \frac{dT}{dt} > \frac{dP}{dt}$. Esto significa que los ritmos elevados de nuestra producción corresponden a ritmos todavía más elevados del desarrollo de

la técnica que, a su vez, quedan rebasados por los ritmos del desarrollo de la ciencia.

Precisamente en esta particularidad del desarrollo de la ciencia pensaba el Presidente de la Academia de Ciencias de la U.R.S.S., el académico M. Keldych, cuando hablaba en la primera Conferencia Nacional de Trabajadores Científicos en el Kremlin de la necesidad de asegurar a la técnica soviética ritmos de desarrollo más elevados que a la industria pesada y de desarrollar la ciencia a ritmos que, a su vez, rebasarían los de la técnica y ciencias técnicas.

Como los historiadores de la ciencia y de la técnica deben obtener informaciones completas sobre la relación "P-T-S", es útil examinar la manera en que se interpreta actualmente los cálculos estadísticos de la "productividad" del trabajo de los hombres de ciencia.

Se puede decir que es Federico Engles quien nos ha mostrado la necesidad de estudiar seriamente estos problemas. Hace más de cien años, criticando con fuerza la forma en que el economista burgués abordaba la ciencia, escribía:

> "No se burla mal de la ciencia. Aunque la ciencia le haya hecho regalos por intermedio de Berthollet, de Davy, de Liebig, de Watt, de Cartwright, etc., que lo han elevado, a él y a su producción, a un nivel sin precedente, ¿para qué le sirve esto? No puede tener en cuenta estos factores, los progresos de la ciencia rebasan los límites de sus cálculos. Pero en un sistema social razonable, que se colocara

> por encima de los intereses particulares como lo conciben los economistas, el elemento espiritual[1] formará parte evidente de los elementos de producción y encontrará su puesto en el coste de producción y en la economía política. Y nos damos cuenta con satisfacción que el trabajo en el terreno de la ciencia recibe una compensación, también desde el punto de vista material; nos damos cuenta que un fruto de la ciencia como la máquina de vapor de James Watt ha dado al mundo, él solo, en el curso de los primeros cincuenta años de su existencia, mucho más de lo que se había gastado para la ciencia, desde los orígenes". (C. Marx, F. Engels, *Obras*, t. 1, págs. 554-555, ed. rusa.)

Los investigadores contemporáneos en el extranjero utilizan generalmente, para evaluar la productividad del trabajo de los sabios, un indicador universal: la cantidad de trabajos publicados. Nosotros lo utilizamos también ampliamente en nuestra práctica diaria. Pero consideramos que la cantidad de publicaciones no es, por sí sola, un indicador adecuado. Es necesario, sobre todo, considerar el resultado, lo mismo en el aspecto práctico que teórico, de los trabajos de los sabios.

Este instrumento de medida puede constituir, todo lo más, un indicador formal, exterior, de la actividad creadora del sabio. Dicho esto, creemos a pesar de todo que el establecimiento de gráficos, sobre la base de las estadísticas de los trabajos

[1] De donde nace la invención (N. del Ed.)

publicados, ofrece un cierto interés y constituye un paso adelante hacia la solución del complejo problema que constituye la evaluación de la productividad del trabajo del sabio. Los colaboradores del Instituto de Historia de la Ciencia y de la Técnica de la Universidad de Yale (USA), han traducido en coordenadas logarítmicas los títulos recogidos por las revistas de resúmenes en el terreno de la química y de la física; el gráfico obtenido ilustra el reparto de los trabajos impresos entre los diferentes grupos de colaboradores científicos.

Las estadísticas muestran que el 75 por ciento de los autores que publican uno o dos trabajos en su vida, no suministran nada más que la cuarta parte de toda la producción científica impresa.

Se han trazado también gráficos mostrando lo cambios en la "productividad" individual de lo sabios según la edad. Se ha utilizado para ello datos biográficos de grupos de sabios de once países (ver Harvey C. Lehman, *Scientific Monthly,* Lancester, 1954, vol. 78, núm. 5, págs. 321-326).

Señalemos una contradicción muy neta entre los datos suministrados por Lehman y los resultados obtenidos por los sabios de la R.D.A. que han estudiado un problema análogo (ver A. Rubakin, "La capacidad de trabajo y la edad", en *Hauka i Jizn,* 1964, núm. 2, págs. 19-21). Sobre los 158 sabios alemanes que fueron objeto de la encuesta, 96 empezaron a hacer imprimir sus trabajos a partir de los 25 años y más; de 30 a 39 años, publicaban una media de 20 trabajos al año; de 40 a 59 años, esta cifra se elevaba a 22 ó 24; de 60 a 70 años, caían a 18, y a partir de 80, a 13. Pensamos que

esta contradicción se explica por el hecho de que en el primer caso, los datos correspondían a mil sabios diferentes y que, en el segundo caso concernían a 158 hombres de ciencias *célebres*.

Sería interesante comparar los cambios en el reparto de la actividad según la edad para los dos casos siguientes: los sabios que han nacido a mediados del siglo XIX y los que han nacido a principios del siglo XX. Se puede prever el desplazamiento de la "curva de actividad" hacia la derecha, cosa característica de nuestro siglo. Esto se explica, sobre todo, por el volumen de la información científica necesaria al sabio moderno, que ha aumentado en proporciones colosales. Se ha calculado que, para que un sabio pueda preparar de manera independiente y publicar 100 trabajos científicos originales en 45 años de actividad, necesitaría tener conocimiento de por lo menos un millón de trabajos debidos a otros autores, es decir, alrededor de 60 trabajos por día. Esto es prácticamente irrealizable.

Una de las mejores soluciones para este problema reside en el esfuerzo colectivo de los sabios.

Si, a principios del siglo, el 82 por ciento de los trabajos impresos eran debidos a un solo autor, en nuestros días esta cifra ha caído al 33 por ciento. En medio siglo, los trabajos de dos autores han pasado del 16 al 43 por ciento, y los de tres autores, del 2 a 15 por ciento. En los años veinte, hemos visto aparecer los primeros trabajos debidos a colectivos de cuatro autores y más. Actualmente, tales trabajos constituyen el 9 por ciento de toda la producción científica impresa y muestran tendencia a aumentar rápidamente.

Este cambio sintomático refleja la ley objetiva del desarrollo de la ciencia: el paso de métodos de investigaciones individuales a los métodos colectivos.

En nuestra época, descubrimientos científicos debidos a la casualidad, como los que en su tiempo hiciera Becquerel, si tal vez no se han hecho más raros en cifras absolutas debido al creciente número de investigadores, tienen, ciertamente, una importancia cada vez menor en el desarrollo general del conocimiento científico. La ciencia descubre secretos cada vez más profundos en la naturaleza. Para cumplir su tarea en las condiciones modernas, la ciencia debe reunir los conocimientos y los esfuerzos de sabios con especialidades a veces muy alejadas unas de otras, utilizar un equipo cada vez más potente y complejo, tratar un conjunto inmenso de informaciones científicas en diferentes ramas y en diferentes lenguas. Esto sólo es posible a un colectivo bien organizado, bien entrenado, que disponga del material científico más moderno y lleve un trabajo consecuente y pertinaz.

Podemos decir con certeza que, en un futuro previsible, *el papel de los colectivos en la ciencia seguirá creciendo.* Al mismo tiempo, se verá aumentar y modificarse el papel de los sabios, organizadores del trabajo de los colectivos científicos. Hay que subrayar que el carácter colectivo de la ciencia moderna se encuentra en completa armonía con las particularidades sociales y económicas y con las normas morales de nuestro sistema social.

Creemos que las previsiones que se derivan del análisis de los niveles relativos de la actividad científica en los diferentes países, son de interés

particular. Los que se han inclinado sobre la historia del progreso científico han observado, más de una vez, cambios en el nivel de desarrollo de la ciencia en los diferentes países (ver por ejemplo J. Bernal, *Sciencie in History,* Londres, Watts, 1954, págs. 873 y siguientes).

Estos cambios relativos dependen lógicamente del desarrollo económico, social y político de los diferentes países.

El sabio japonés M. Juasa ha intentado estudiar este fenómeno desde el punto de vista cuantitativo. Ha elegido como indicador del nivel relativo del desarrollo de la ciencia en tal o cual país, los progresos científicos más importantes para la época dada y debidos a los sabios del país considerado. Si, en un momento cualquiera, la contribución de estos sabios rebasaba la cuarta parte de todos los resultados científicos inscritos en el mundo, Juasa consideraba que el centro de la actividad científica mundial se encuentra en ese momento en aquel país. (M. Juasa, Center of Scientific activity, *Japanese Journal of the History of Science,* 1962, núm. 1, págs. 57-75).

Juasa lleva su análisis hasta el fin de nuestro siglo. Observa que el papel de los Estados Unidos, que se hallaba a la cabeza del progreso científico en los años 20, disminuye considerablemente desde los años 50. Esto se explica sobre todo por el progreso científico extraordinariamente rápido en "otros países del mundo, entre los cuales está la Unión Soviética". ¿Hacia qué país se desplaza ahora el centro del progreso científico? Juasa escribe prudentemente: "No podemos juzgar el porvenir de los Estados Unidos sin tener en cuenta el de

la Unión Soviética". Los hechos que cita, como los que citan otros investigadores, muestran que actualmente el centro de la actividad científica se desplaza hacia la Unión Soviética y los otros países socialistas.[2]

Las esperanzas de la humanidad, en la persecución acelerada del progreso científico y técnico, descansan cada vez más en los progresos de nuestra ciencia soviética, que está por completo al servicio de los hombres. En esto consiste el carácter de importancia histórica y profundamente internacional de la tarea planteada por el XXII Congreso del P.C.U.S. a la ciencia soviética:

> "Es una cuestión de honor, para los sabios de la U.R.S.S., consolidar las posiciones adelantadas que la ciencia soviética se ha asegurado en las ramas claves del conocimiento y *ocupar una situación preponderante en todos los terrenos esenciales de la ciencia mundial*".

Una de las principales tareas que se plantea ante nuestro Estado es la de analizar, de manera

[2] Son interesantes los siguientes datos:
—*En el siglo* XVI, de 1540 a 1610, Italia se hallaba en cabeza del progreso científico, la cumbre se sitúa hacia 1570-1580;
—*En el siglo* XVII, de 1660 a 1730, es Inglaterra la que se se hallaba en primera fila, con la cumbre hacia 1660 a 1700;
—*En el siglo* XVIII, de 1770 a 1830, este papel le corresponde a Francia, el máximo se sitúa hacia 1800;
—*En el siglo* XIX, de 1880 a 1920, Alemania desempeña el papel principal con un máximo hacia 1880;
—*En el siglo* XX, de la Primera Guerra Mundial hacia 1960, los Estados Unidos son la principal potencia científica con una cumbre hacia 1950; esta posición le fue arrebatada hacia 1970 por la U.R.S.S.

continua y efectiva, la eficacia de la ciencia soviética en todos los terrenos. Son, pues, objetivos totalmente actuales el encontrar métodos cuantitativos de análisis de la experiencia histórica del desarrollo de la experiencia, de elaborar métodos científicos de previsión del porvenir de la ciencia. La colaboración entre los historiadores de la ciencia y de la técnica y los representantes de las ciencias de la naturaleza y de las ciencias humanas promete ser muy fecunda en este terreno.

A. Antchichkine y E. Erchov

CUESTIONES METODOLOGICAS DE PREVISION ECONOMICA

El perfeccionamiento de la planificación de la economía nacional va íntimamente ligado a la elevación del nivel de los estudios económicos que tratan lo mismo las leyes generales del desarrollo de la economía soviética que el contenido de los procesos económicos concretos, nuevos problemas nuevos fenómenos. Un plan perspectivo científicamente fundado debe apoyarse sobre el conocimiento profundo de la realidad económica, integrar los progresos de la ciencia y de la técnica, tener en cuenta las dificultades que surgen y las tareas no resueltas. También, antes de establecer el plan de la economía nacional, en particular el plan perspectivo, debe efectuarse un importante trabajo científico-analítico de pre-planificación, trabajo destinado a dar a la planificación el conocimiento total y objetivo de las leyes y del contenido concreto del desarrollo de la economía socialista.

Las previsiones [1] de la economía nacional elaborada de manera sistemática pueden constituir la

[1] No consideramos el término "previsión" como ideal, ya que apareció en relación con la elaboración de hipótesis de desarrollo de la economía capitalista; es decir, en las condiciones de una economía prácticamente no dirigida. Pero no se trata del término por él mismo, sino del contenido que se le da.

forma de tales estudios de pre-planificación. Dicho esto, se comprende que las previsiones no sustituyen al plan, incluido el plan a largo plazo, pero *preceden* a su establecimiento. El plan implica que los objetivos principales y las vías del futuro desarrollo económico están ya elegidas, que sucede lo mismo para el sistema de las medidas económicas, de las directrices para la producción, los grandes trabajos, el nivel de vida, etc., que la base material técnica financiera para la ejecución del plan y los métodos de control de esta ejecución están previstas. En cuanto a las previsiones, consisten, primero, en el análisis de las tendencias objetivas del desarrollo de la economía; segundo, en la elaboración de las hipótesis del progreso científico y técnico, de la evolución de la naturaleza de las necesidades sociales, del aumento de los recursos de la producción y, tercero, en la motivación de las vías posibles para actuar sobre la marcha del desarrollo económico.

Desde el plan GOELRO, un importante trabajo científico-analítico, en el que han participado los más grandes especialistas, sabios e ingenieros, ha precedido siempre a los planes perspectivos soviéticos. Es natural que hoy también, toda esta inmensa experiencia acumulada en el curso de decenios de trabajo de planificación deba ser utilizada. En las condiciones actuales de una economía socialista altamente desarrollada y de un progreso científico y técnico acelerado, la importancia y la complejidad del trabajo previsional de pre-planificación crecen sin cesar. Además, el desarrollo de la teoría económica, de las matemáticas, de las calculadoras electrónicas, permite elevar estas in-

vestigaciones a un nivel cualitativamente superior.

La previsión económica toca un conjunto extremadamente amplio de problemas teóricos, metodológicos, estadísticos. Esta multiplicidad resulta de los procesos reales que constituyen el objeto del análisis y de la previsión. Por el hecho de que en un solo artículo es imposible abarcar todos los aspectos y problemas de la previsión, solamente nos detendremos sobre aquellas cuestiones que podemos caracterizar como: *principios y sistema de elaboración de las previsiones económicas*, es decir, sobre las cuestiones que tienen un carácter metodológico.

El conocimiento de las leyes objetivas del desarrollo económico, contenido de la previsión

La planificación socialista parte del reconocimiento de la acción de las leyes económicas objetivas y del carácter objetivo del desarrollo económico. Debe empezar, no por los cálculos de los planes en sí, los "esbozos" o "suputaciones", sino por un trabajo analítico-previsional que confiera al trabajo ulterior de planificación un carácter más racional y enriquezca su contenido económico. Sin embargo, actualmente no se presta todavía una atención suficiente al trabajo de pre-planificación; los principales esfuerzos tienden a coordinar todos los detalles del plan, aunque esté insuficientemente motivado económicamente. El conocimiento de las leyes económicas objetivas, de los procesos y tendencias reales debe constituir el contenido principal de la previsión como estadio del trabajo de pre-planificación. La misma posibilidad de la

previsión se crea con el conocimiento. En esto es en lo que consiste el papel positivo de toda ciencia. Consideramos necesario detenernos especialmente en esta cuestión a fin de prevenir una interpretación unilateral de la previsión concebida únicamente como cálculo económico perspectivo de carácter pre-planificador para un periodo convenido.

La previsión de la economía nacional considera la economía socialista como un sistema de desarrollo que se reproduce él mismo, que tiende objetivamente al estado de proporcionalidad dinámica a fin de alcanzar lo óptimo. Esta aproximación implica que el estado de la economía, pretérito y presente, determina en una gran medida su aspecto futuro, y que un porvenir que nada une al presente deja de ser objeto de previsión. Además, ya que la economía socialista es un sistema dirigido, la previsión de estado futuro se establece como la combinación del conocimiento de los procesos económicos objetivos y de la elección, basada sobre este conocimiento, de los objetivos y de las vías del desarrollo económico. Pero estos objetivos y vías no son algo exterior y arbitrario respecto a la economía, sino que se desprenden de su estado, de su nivel de desarrollo, de los problemas y tendencias que se han manifestado.

El conocimiento de las leyes del desarrollo de la economía socialista no puede limitarse a formular las leyes más generales tales como, por ejemplo, la ley económica fundamental del socialismo, la ley del valor, la ley del desarrollo planificado (proporcional), la ley de la distribución según el trabajo, etc. Estas no son nada más que premisas y, además, insuficientes para dar luz al contenido

de los procesos económicos objetivos del mecanismo de la producción. ¿Cuáles son, pues, las exigencias científicas en cuanto al conocimiento de las leyes económicas objetivas que deben ser satisfechas para establecer con suficiente profundidad y exactitud la existencia de tal o cual ley, descubrir el contenido de tal o cual proceso real?

—Primero, *un sistema preciso de categorías, de nociones económicas,* que describan los aspectos esenciales del fenómeno estudiado, es necesario. Hecho esto, debemos establecer, conforme a los lazos mutuos reales, *la dependencia lógica de causa a efecto,* entre las diferentes nociones y categorías. La construcción de un tal sistema es inseparable de la elección y de la motivación de *identificadores* (índices) *económicos,* que reflejan la naturaleza de tal o cual fenómeno económico. Las nociones y categorías utilizadas durante el proceso de conocimiento deben abarcar con la mayor precisión la realidad objetiva y los lazos que la unen, deben reflejar los lazos realmente existentes.

—Segundo, hay que describir el mecanismo de la producción socialista ampliada, es decir, sacar a la luz el lazo mutuo entre los diferentes aspectos del desarrollo de la economía socialista. Es evidente que el conocimiento del mecanismo de la reproducción no puede ser nunca totalmente conforme con la realidad económica, que es más rica, más compleja que todas estas representaciones. Así, el conocimiento no permanece siempre como un modelo más o menos tosco de la economía real. Sin embargo, pese a su carácter convencional, los modelos son necesarios como peldaños del conocimiento del mecanismo de la reproducción. Precisemos

que, por modelo, no entendemos necesariamente un modelo matemático preciso; todo sistema de índices unidos de manera suficientemente explícita puede ser considerado como un modelo.[2]

—Tercero, no basta con sacar a la luz el proceso de la reproducción con ayuda de un sistema de índices enlazados por un modelo cualquiera; es necesario, igualmente, medir cuantitativamente los volúmenes y las magnitudes de estos índices con ayuda de indicadores económicos seleccionados, y establecer el nivel de su influencia mutua. Por ejemplo, la dependencia de dos índices implica la existencia de un coeficiente de vínculo determinado, y las relaciones entre las partes constitutivas de un conjunto cualquiera implican la existencia de un coeficiente de proporcionalidad. El conocimiento del mecanismo de la reproducción exige la construcción de un *modelo cuantitativamente determinado*. Es natural que cuando se trata de presentación en modelo, se piensa, no en un modelo o en un sistema de modelos, sino en la utilización del principio mismo de presentación en modelo,

[2] Según la definición propuesta por I. B. Novikov, entendemos por presentación en modelo, en amplio sentido, un "método intermediario teórico o práctico que permite estudiar el objeto, no directamente, sino gracias a la utilización de un sistema auxiliar artificial o natural («cuasi-objeto») que presenta una cierta conformidad objetiva con el objeto estudiado, susceptible de sustituirlo en etapas determinadas del conocimiento y que da en definitiva, cuando se le estudia, una información sobre el mismo objeto estudiado." (*La presentación en modelo de los sistemas complejos*, Ediciones Mysl, 1965, pág. 42). La presentación en modelo puede ser utilizada lo mismo en el estadio del estudio teórico que en el estudio del desarrollo de los procesos económicos y para la previsión. Un sistema de nociones mutuamente enlazadas y de índices correspondientes, puede ser considerado como la base del modelo del proceso correspondiente. Los modelos numéricos, matemáticos, son casos particulares de modelos.

obligatorio en una cierta medida para todo proceso de conocimiento del mundo objetivo.

—Cuarto, la misma posibilidad de sacar a la luz el contenido y el mecanismo del proceso de reproducción en su forma cuantitativa depende de la existencia de la información económica, es decir, de los materiales estadísticos, normativos que caracterizan los diferentes aspectos del desarrollo económico. El conocimiento de las leyes objetivas está condicionado por el volumen y la calidad de esta información, ya que las posibilidades de experimentación son extremadamente limitadas en economía, y casi todos los datos efectivos son el resultado de observaciones de los procesos económicos reales y no de estudios de laboratorio. Así, si algunas de las leyes cualitativas, las más generales, pueden ser establecidas sin información sistemática, el mecanismo de la reproducción no puede ser sacado a la luz sin esta información.

—Quinto, el proceso del conocimiento implica la existencia de criterios determinados, con ayuda de los cuales se aprecia la influencia negativa o positiva de un proceso sobre el carácter general del desarrollo económico. La misma elección de los criterios de apreciación de los procesos y fenómenos económicos depende de las metas objetivas del desarrollo económico que, como se ha dicho más arriba, están determinadas por las leyes económicas objetivas.

—Sexto, el carácter objetivo de los procesos económicos en las condiciones del socialismo no significa de ningún modo el reconocimiento de su espontaneidad, es decir, de una acción automática por el hecho del funcionamiento de las fuerzas

ciegas del mercado. Las leyes objetivas del desarrollo de la economía socialista son dirigidas por la sociedad. Esto significa que las formas, la dirección y la intensidad de estas leyes objetivas dependen de la acción de la sociedad socialista. Pero, para dirigir los procesos, hay que empezar por conocer su contenido objetivo. Es después cuando aparece lo que debe ser dirigido, de qué manera hay que dirigir y qué resultados no pueden esperar de la dirección elegida, lo mismo para el presente que para el futuro.

Aunque en segundo lugar, en relación con los procesos económicos objetivos, el proceso de dirección tiene, sin embargo, sus leyes que, en sí, son objeto de un análisis científico. Este análisis debe basarse en esta sola regla: el proceso de dirección está dictado por la lógica objetiva de los procesos económicos a dirigir. La previsión es inseparable del conocimiento de las leyes objetivas del desarrollo económico, pues solo el conocimiento de la realidad hace posible la previsión. El objeto de la previsión económica consiste en descubrir y prever los procesos objetivos que abarcan toda la economía nacional o sus diferentes sectores, todos los aspectos de la producción socialista en su conjunto. Se trata de procesos y fenómenos que forman la continuidad del desarrollo económico de año en año, de periodo en periodo, que enlazan en una sola cadena el pasado, el presente y el futuro. De esta manera, los procesos objetivos son considerados, en las condiciones del socialismo, como procesos que pueden ser dirigidos, cuyas formas y la intensidad del desarrollo dependen de la acción consciente de la sociedad.

El sistema de previsión económica

La economía de un país desarrollado es compleja, diversificada y múltiple. No obstante, constituye un todo único, ya que ningún eslabón de la economía nacional, ningún aspecto de la reproducción se halla aislado de los otros eslabones y aspectos. La descripción y la previsión del estado futuro de la economía deben, pues, ser diferenciados y unificados a la vez. Esta doble exigencia implica que se aborde el estudio y la previsión de los procesos económicos como un sistema, es decir, como un grupo de procesos, fenómenos, enlaces mutuos, objetivos que permita considerarlos por un lado como una parte de la producción social única y, por el otro, establecer su subordinación. Esto significa que la previsión de la economía nacional constituye una unidad de problemas complejos bastante autónomos, cada uno de ellos tiene su propio contenido y, al mismo tiempo, vínculos y dependencias externas que unen las diferentes partes en un todo.

El sistema, la estructura de las previsiones de la economía nacional debe ser edificada adaptándola al carácter, al contenido de los procesos económicos objetivos en sí. Este sistema no puede ser subordinado al solo conocimiento de las leyes económicas objetivas más importantes y, al mismo tiempo, no debe respetar la estructura del plan. Las funciones principalmente analíticas de la previsión exigen la subordinación máxima de la estructura del sistemas de las previsiones, a los problemas y fenómenos económicos que existen realmente. Una tal aproximación implica que no se puede edificar un sistema definitivo de previsión, así como su meto-

dología, fuera del análisis económico, fuera de las mismas previsiones.

Para crear un sistema de previsiones, es necesario, en primer lugar, que el proceso de reproducción se descomponga en *sub-sistemas*: conjuntos complejos suficientemente estables, y que las diversas tendencias y fenómenos económicos se agrupen conforme a su contenido cualitativo. Para ello, el análisis económico cualitativo es la condición del despeje de los diversos elementos y aspectos de la reproducción que tienen sus leyes específicas de desarrollo, su problemática particular y, por consiguiente, sus métodos de estudio particular. Entre estos conjuntos, comunes por su contenido interno y su carácter, se encuentran, por ejemplo:

El progreso científico y técnico determina los principales aspectos de la reproducción y en primer lugar su eficacia. Para cerciorarse de las tendencias del progreso científico y técnico en los cálculos económicos, deben traducirse en índices económicos que reflejen la influencia del desarrollo de la ciencia y la técnica sobre la producción y el consumo.

El acarreo y la utilización de los recursos naturales en el circuito de la economía nacional (yacimientos de minerales, tierras, bosques, recursos zoológicos, agua dulce, océano). La prospección, la explotación y la utilización de las riquezas naturales dependen del nivel general del desarrollo económico, del ritmo y del carácter del progreso científico y técnico. Esta esfera de la economía nacional, enlazada principalmente con la industria extractiva y la agricultura, tiene su contenido propio y sus leyes de desarrollo.

El movimiento de la población y la reproducción de los recursos de mano de obra. Aquí los procesos demográficos se confunden con los problemas del empleo, de la utilización de los recursos de mano de obra, de la productividad del trabajo, de la formación de una mano de obra cualificada.

La formación de la riqueza nacional, fondos productivos fijos y circulantes, y fondos no productivos, bienes de consumo de uso duradero acumulados. El trabajo de numerosas generaciones, las adquisiciones de la ciencia y de la técnica, están materializados en la riqueza nacional. La creación, la utilización y el desgaste de los diferentes elementos de la riqueza nacional son procesos de larga duración que forman la base material de la continuidad del desarrollo económico. Por ejemplo, los fondos productivos básicos creados hace 10-20 años determinan en una medida decisiva el nivel actual y el carácter de la producción; las empresas actualmente en construcción determinan el carácter de la producción dentro de 5-10 años, y las empresas que se proyectarán dentro de diez a veinte años.

Los enlaces mutuos de la producción corriente, es decir, los procesos del movimiento de la producción de un estadio a otro, del productor al consumidor, de una rama a otra. En el proceso de la producción corriente se forman los lazos mutuos complejos entre los diferentes elementos, los lazos intersectoriales. Este aspecto de la reproducción es particularmente importante para la previsión a corto plazo, enlazada principalmente con la apreciación de la marcha de la ejecución del plan.

El problema de la realización de la producción

constituye un aspecto importante del proceso de la producción corriente. Por esta razón las relaciones mercancía-dinero, las finanzas, la formación de los precios, a través de los que se opera el cambio de actividad en el seno de la sociedad socialista, representan una esfera particular de las relaciones económicas.

El consumo no productivo, que incluye el consumo individual y social de la población, el terreno de la gestión y de la defensa nacional. La dinámica y la estructura del consumo no productivo se forman sobre la base de la acción de las condiciones sociales, de las tendencias a largo y corto plazo en la evolución de la demanda de la población concernientes a los diversos elementos de consumo.

Se puede considerar como esfera independiente de la economía nacional la *investigación científica,* que constituye una rama específica de la economía socialista, que tiene sus leyes y que ejerce una influencia creciente sobre el progreso de la sociedad socialista. La particularidad de esta esfera de actividad está determinada por el carácter de su producción (nivel de nuevos conocimientos, dominio de las leyes de la naturaleza y de la sociedad). La "tecnología de la producción" moderna de los conocimientos y de las invenciones exige enormes inversiones y la planificación de la ciencia misma, y, para esto, es necesario un conocimiento profundo de las leyes del progreso científico y técnico y de sus consecuencias sociales y económicas.

Así, despejar los procesos objetivos, cualitativamente diferentes por su contenido, del desarrollo económico, es el primer principio general de la previsión. El estudio de cada conjunto debe estar

subordinado a un sistema único conservando, claro está, su autonomía, su carácter específico, reflejando todos los problemas importantes, asimilando toda la información existente.

El segundo principio de la previsión es la aproximación de los procesos económicos a diferentes niveles de su agregación; por ejemplo, se puede considerar la reproducción de los fondos fijos, a escala de la economía nacional o de las grandes ramas y regiones, vistas más o menos en detalle, o sobre el plan de cada empresa. Esto obedece a la diferencia del carácter del proceso de la reproducción a escala de toda la economía, en las ramas y regiones o en cada empresa. A nuestro parecer, la previsión debe realizarse en tres niveles de agregación, correspondiendo cada uno de éstos a relaciones económicas cuantativamente diferentes. *Primero,* el análisis y la previsión de las tendencias más generales, de los lazos mutuos a escala de la economía nacional; el aspecto formal de estos procesos se halla descrito por los diferentes modelos macro-económicos. Aquí el acento se pone sobre el reflejo de la unidad de los diferentes aspectos de la reproducción sin exponer el contenido interno de cada uno de ellos. *Segundo,* el análisis y la previsión de los lazos mutuos de producción sobre el plan de grandes ramas y regiones económicas. Esto implica concretizar los procesos de la economía nacional, sacar a la luz su carácter específico en las diferentes secciones de la economía. Los modelos multisectoriales reagrupados corresponden mejor al nivel dado de agregación. *Tercero,* la economía del país puede ser considerada al nivel de la producción de los diferentes productos y en

primer lugar de su aspecto económico y técnico. Así, los procesos económicos generales están "disgregados" hasta un alto nivel de concretización. Bien entendido, los diferentes niveles de agregación son aplicables tanto al sistema en su conjunto como a sus diferentes sub-sistemas.

El tercer principio general de previsión concierne a la necesidad de determinar su aspecto en el tiempo —la continuación y la duración de los procesos económicos—. De la solución de esta cuestión dependen los plazos para los que pueden ser elaboradas las previsiones económicas. En la periodización de las previsiones económicas, hay que partir del carácter de los diferentes aspectos de la reproducción y de la duración de los ciclos que le corresponden. Se pueden distinguir los ciclos de reproducción siguientes, de duración diferente: el ciclo económico, que abarca el movimiento de la producción desde la extracción de la materia prima hasta la salida del producto final e incluyendo la sustitución de los gastos materiales corrientes y la reproducción de los fondos circulantes; el ciclo de construcción, que comprende la construcción y la puesta en servicio de los objetivos terminados de la construcción capital; el ciclo del capital, correspondiente a lo que dura la vida de los fondos básicos puestos en servicio; el ciclo demográfico, que abarca la reproducción de la población en el espacio de una generación con todas sus particularidades de sexo y edad; el ciclo científico y técnico, unido al desarrollo de la ciencia y de la técnica, desde las investigaciones de laboratorio hasta la producción en serie basada en estas investigaciones.

Se puede aplicar una periodización apropiada a los diferentes aspectos de la reproducción. Por convencional que sea tal periodización, debe partir de la esencia del fenómeno analizado y objeto de previsión. Además, sería absurdo, por ejemplo, tratar de prever la influencia de una mala cosecha (o de una buena cosecha) sobre el estado de la economía del país dentro de diez años, ya que sus resultados perceptibles no pueden notarse sino en límites de dos a tres años. Al mismo tiempo, el nivel de natalidad actual se notará sobre el aflujo de mano de obra nueva dentro de veinte años. La duración máxima del ciclo de reproducción condiciona el punto extremo de la previsión (verosímilmente en los límites de veinte a veinticinco años).

Al alargarse la duración del periodo objeto de previsión, disminuye la estabilidad de las tendencias y procesos particulares; más exactamente, las leyes de los procesos corrientes se transforman en leyes de procesos de larga duración. Por ejemplo, es imposible prever para veinte años la elasticidad de la demanda de la población sobre los diferentes tipos de calzado o tejidos. Pero si consideramos conjuntos no intercambiables tales como la ropa, el calzado, la alimentación, las tendencias del cambio de estructura del consumo se hacen más precisas y más estables, se las puede prever para plazos bastante largos. Lo mismo ocurre con la previsión de las relaciones entre los medios de producción intercambiables (por ejemplo, entre tipos de materiales de construcción) y entre los grupos de medios de producción no intercambiables (por ejemplo, combustible-metales). Por lo tanto,

el paso de tendencias más particulares a tendencias más generales del desarrollo económico permite revelar leyes más estables y, por consiguiente, aumentar la duración del periodo objeto de previsión. En el esquema siguiente, se ha tratado de analizar la influencia del factor tiempo sobre la previsión.

Además, el problema de duración del periodo objeto de previsión, el factor tiempo, comprende el esclarecimiento y, por consiguiente, la previsión de la sucesión interna del proceso de reproducción. Para descubrir las tendencias objetivas del desarrollo económico, son suficientes sus características dinámicas, estructurales y de balance. Es necesario un análisis de la sucesión, de la velocidad (tiempo) del desarrollo y de la interacción del proceso. Esto significa que la sucesión y la velocidad de la producción corriente, de los grandes trabajos, de la formación de los cuadros, de las investigaciones científicas, etc. deben ser descritas. No es sino con esta condición como pueden predecirse la época y la intensidad de los fenómenos futuros, unidos al pasado y al presente. Es evidente que la extracción de las materias primas precede en el tiempo a los productos terminados que de ellas se derivan. Por ejemplo, entre la extracción del mineral de hierro y la producción de un equipo complejo existe una serie de estadios de producción que pueden durar varios meses o años. Es natural que en la construcción capital, esta "cadena tecnológica" sea todavía más compleja y más larga. Para crear, digamos una química moderna, es necesario una industria de equipos químicos apropiados, una industria de construcciones mecánicas

PERIODIZACION DE LA PREVISION ECONOMICA

Escala de tiempo (periodo y años) / *Procesos económicos objeto de previsión*	I		II			III	
	0	5	7	10	15	20	30
Transformación de las materias primas en producción final de la sociedad	xxx						
Elasticidad del consumo de los bienes de consumo intercambiables	xxxxxx						
Lazos técnicos-económicos detallados y normas de elasticidad del consumo de los medios de producción intercambiables.	xxxxxxx						
Construcción capital emprendida en el periodo inicial y puesta en servicio de las capacidades de producción	xxxxxxxxxx						
Elasticidad del consumo de los principales grupos objeto de consumo	xxxxxxxxxxx						
Elasticidad del consumo productivo de la producción de las grandes ramas	xxxxxxxxxxxxx						
Proceso de inclusión en la producción social de los recursos naturales inventariados	xxxxxxxxxxxxxxxxx						
Reproducción de los fondos de base fijos (procesos "amortización" de sustitución de su magnitud acumulada)	xxxxxxxxxxxxxxxxxxx						
Reproducción de la población durante la vida de una generación	xxxxxxxxxxxxxxxxxx						
Ideas e invenciones científicas y técnicas, su realización práctica en la producción	.....						
(con inclusión de los estadios: Investigación + + + Experimentación — — — Aplicación a la producción /// Producción en gran serie ...	///////.....		----/////.....				
	+++++++----/////....						

generales, una metalurgia de aleaciones especiales. La creación o la ampliación de las unidades de producción asociadas no es posible sino en un orden determinado y para un tiempo determinado. La sucesión y la duración de los periodos de trabajo considerados bajo el aspecto amplio de la división social del trabajo, forman lazos bastante rígidos y estables en la economía nacional. Conociendo toda la cadena, es posible, observando uno de sus eslabones, prever el estado posible de la economía, los eslabones siguientes. La generalización a escala de la economía nacional del principio de la "cadena tecnológica" permite descubrir y prever los procesos más profundos.[3]

El cuarto principio general de la previsión consiste en la necesidad de instituir una jerarquía, una subordinación de los diversos elementos y aspectos de la producción. Esto no significa que tales o cuales elementos o aspectos sean más "importantes" que otros. Sin embargo, ciertos fenómenos económicos engendran otros, las tendencias generales engloban las tendencias particulares, los conjuntos del proceso de carácter corriente forman los procesos prolongados. Por consiguiente, la subordinación, la jerarquía se aplican a la subordinación de los sub-sistemas, de los niveles de agregación, de los periodos de tiempo. Toda jerarquía

[3] En la literatura económica, apenas se plantea el problema de los lazos en el tiempo de los elementos de la reproducción. El único intento ha sido hecho por B. Plioukine y R. Nazarova en la obra *La reacción en cadena dirigida de la la reproducción ampliada en los modelos mono- y bisectorial* ("Aplicación de las matemáticas a las investigaciones económicas", t. 2, Sotzakguiz, 1961). Pero los autores han tratado el problema partiendo, no de la esencia de los procesos económicos, sino de analogías formales de la economía con los procesos psicológicos.

adquiere un carácter formal, pero sin ella es imposible edificar un sistema de previsión que obedezca a los principios y que reflejen la complejidad de la realidad económica.

Aunque todos los procesos influyen unos sobre otros, algunos de ellos son primordiales, otros son derivados. Es evidente que los recursos naturales, los factores demográficos y las tendencias generales del progreso científico y técnico pueden ser considerados como procesos llamados "exógenos", y, por ejemplo, la formación de los fondos o la modificación de la productividad del trabajo, como procesos "endógenos". También conviene empezar la elaboración de las previsiones económicas a partir de los recursos naturales, de la demografía, del progreso científico y técnico, y sólo después pasar a la previsión en el dominio de la producción de los fondos básicos, del nivel de vida.

Los procesos de la economía nacional se establecen como resultado de la acción de los diferentes elementos, ramas de la economía que tienen sus leyes internas específicas. Así, las leyes más generales están formadas de tendencias más parciales y concretas. La economía del país puede ser examinada lo mismo como un conjunto, aun bajo una forma más diferenciada. En la elaboración de las previsiones, es extremadamente importante establecer la unidad mutua entre los agregados y las partes constituyentes, esclarecer la articulación de lo parcial y de lo general. El nivel de agregación de los procesos objeto de previsión debe generalmente elevarse a medida que el periodo considerado sea más largo.

El establecimiento de la jerarquía de los periodos

de tiempo constituye un problema particular, ya que la sucesión del establecimiento de las previsiones —de las previsiones a corto plazo a las previsiones a largo plazo pasando por las previsiones a medio plazo, o inversamente—, depende de ello. Toda la dialéctica del problema consiste en el hecho de que el contenido y la importancia de los procesos corrientes no pueden ser considerados nada más que en una perspectiva suficientemente larga y que la previsión a largo plazo no existe si no es apartándose de los procesos actuales, concretos y multiformes. Estas dos exigencias pueden ser satisfechas si la previsión se efectúa por el desarrollo gradual de los cálculos económicos del presente hacia el futuro, luego por el camino inverso para corregir las previsiones a más corto plazo. La necesidad de una tal sucesión de los cálculos económicos se debe al hecho de que la tarea principal de la previsión no consiste tanto en definir el estado posible de la economía en una fecha concreta cualquiera como en seguir las vías y estadios probables de su desarrollo desde el presente hasta el fin del periodo objeto de la previsión sobre la base del conocimiento de las leyes económicas objetivas.

Así, la previsión económica, considerada como un sistema complejo, debe partir por lo menos de los principios fundamentales siguientes: primero, sumisión, correspondencia de la estructura y del carácter de la previsión al contenido económico de los procesos y fenómenos objetivos; segundo, esclarecimiento de las leyes del desarrollo económico en los diferentes niveles de agregación; tercero, determinación de los límites de tiempo de la previ-

sión de tales o cuales procesos económicos conforme a su contenido y establecimiento de sus lazos mutuos en el curso del tiempo; cuarto, establecimiento de la subordinación, de la jerarquía de los subsistemas en el cuadro del sistema general.

Métodos de previsión

La elaboración de la previsión económica de preplanificación debe pasar por varios estadios en cuyo curso se resuelven problemas particulares y se utilizan modelos matemáticos propios. Forman parte de estas etapas: el análisis del desarrollo de la economía para el periodo anterior al que hace objeto de la previsión, que utiliza los modelos analíticos; previsión del estado futuro de la economía en la medida en que esto está predeterminado por los procesos que se han constituido objetivamente (aquí se utilizan los métodos y modelos fundados sobre las probabilidades y la extrapolación); elección de los objetivos y de las vías del desarrollo económico con ayuda de modelos representativos y métodos de programación óptima. A continuación empieza el estadio de la planificación misma cuando, sobre la base de las leyes objetivas conocidas, objetivos y vías del desarrollo económico elegidos, se elabora un sistema de medidas económicas, tareas directivas y estimulantes de rentabilidad para la realización de los objetivos ya fijados.

¿A qué va unida la necesidad de la elaboración de previsiones económicas por estadios? El carácter objetivo, y al mismo tiempo la posibilidad de dirigir los procesos de desarrollo de la economía socialista dan a la previsión un doble carácter. Por

un lado, conviene conocer los procesos objetivos tal y como se establecen en el desarrollo económico real y, conforme a esto, edificar las previsiones; con semejante gestión, las previsiones revisten, en una cierta medida, un carácter "pasivo". Sin embargo, las tendencias que se han manifestado pueden ser desfavorables o convertirse tales en el futuro; la extinción de procesos y fenómenos favorables es posible. Así, en las condiciones de la producción socialista, donde existe una posibilidad objetiva de influir en la marcha del desarrollo económico, hay que ejercer una influencia activa sobre éste, tanto para superar las tendencias desfavorables como para estimular el desarrollo acelerado de todos los elementos progresivos de la economía. Así, la definición de las vías posibles de la acción y de su eficacia sobre la dirección y los ritmos de los procesos económicos reales constituye una parte orgánica de la previsión.

Estos dos aspectos de la previsión ("pasivo" y "activo") pueden ser presentados como dos estadios sucesivos fundados a su vez sobre estudios analíticos. Pero esto no significa que la previsión parte de la percepción pasiva de la realidad. El conocimiento de las leyes objetivas es un elemento necesario para la previsión que, sin embargo, no agota su contenido, ya que, en las condiciones del socialismo, el conocimiento de las leyes económicas es inseparable de su utilización activa. Además, la elaboración de las previsiones bajo su forma "pasiva" no significa de ninguna manera que se puedan ignorar los saltos cualitativos que se producen en la economía y que provocan cambios sensibles del carácter y de la forma de los procesos econó-

micos objetivos. En todas las etapas del movimiento de la economía nacional, la previsión debe tener en cuenta los cambios cualitativos del carácter de la producción.

En la economía socialista altamente desarrollada, las tendencias objetivas que se han constituido y el nivel de desarrollo alcanzado predeterminan el futuro en una cierta medida y para un plazo más o menos largo. El esclarecimiento y el análisis de los procesos económicos del periodo que precede el momento presente, permiten establecer las tendencias objetivas del desarrollo económico y crean así las premisas científicas para la previsión. La modelización de este estadio va de la opción de' contenido de las hipótesis relativas a la descripció de los procesos estudiados, a su verificación en lo hechos.

Desde esta etapa, los análisis deben efectuarse poniendo el acento sobre el aspecto dinámico de los procesos estudiados. Aquí son posibles tres accesos de la modelización, cada vez más complejos: construcción de series dinámicas con vista a establecer las características cuantitativas y la dirección del movimiento de los principales procesos económicos (no se considera sino la causalidad en los tiempos de diferentes fenómenos); establecimiento de las relaciones mutuas entre la evolución y los diferentes índices (por las series dinámicas) y la determinación de la estructura de los conjuntos económicos estudiados (se establecen los lazos de causa a efecto entre los diferentes fenómenos, su subordinación en los límites de los conjuntos generales); esclarecimiento de los sistemas de balance más importantes y su movimiento en el tiempo (en

tal caso se esclarece el mecanismo de la reproducción, los lazos mutuos de balance de los índices de la reproducción en el curso de su desarrollo).

Conviene clasificar entre los métodos matemáticos y estadísticos que pueden encontrar una aplicación en el proceso de análisis caracterizado más arriba, los métodos de construcción de modelos analíticos, los métodos estadísticos de determinación de sus parámetros, los métodos de modelización de los procesos representados (incluidos los elementos de auto-instrucción), los métodos de ponderación y de filtración para los procesos con componentes accidentales (tareas de apreciación de los parámetros), los métodos de análisis estadísticos multimedida. En el estadio inicial de la previsión, se puede utilizar, igualmente, la extrapolación bajo diferentes formas: [4] bajo forma de curvas establecidas empíricamente, dependencias funcionales, sistemas de balances, sistemas de gráficos en función del tiempo, de características cualitativas aproximativas.

Del hecho que los procesos económicos, en la acepción rigurosa del término, no tienen carácter repetitivo, pues las condiciones concretas de su desarrollo cambian, conviene tener en cuenta, en el curso del análisis, la variabilidad continua de estas condiciones, lo que se refleja igualmente en las formas de esclarecimiento de ciertas leyes. Esto plantea exigencias precisas a los modelos económicos, que no deben sólo describir los procesos que se desarrollan efectivamente, sino también

[4] Entendemos por extrapolación en el amplio sentido de la palabra, la adquisición de representaciones del futuro sobre la base de la información relativa al pretérito y al presente.

confirmar o infirmar las hipótesis sobre la existencia de tal o cual ley.

El análisis del pasado, cuando su nivel es suficientemente elevado, permite establecer: 1o.) las tendencias que actúan de forma duradera, tendencias ligadas al progreso científico y técnico, a la reproducción de la población, a los fondos básicos, a los principales cambios en la demanda, etc.; 2o.) las tendencias que condicionan la coyuntura de la economía nacional, es decir, las tendencias que se hallan ligadas a los procesos de carácter corriente; 3o.) los principales problemas del desarrollo económico ligados a la necesidad de liquidar los golletes de estrangulación en la economía nacional, las desproporciones que se han establecido, los nuevos fenómenos que se producen en el desarrollo de la economía y que pueden hacerse decisivos en un futuro próximo o lejano y acarrear cambios cualitativos.

La apreciación y la previsión de los nuevos procesos del desarrollo de la economía que, en un momento dado, ocupan un puesto poco importante, pero pueden, con el tiempo, convertirse en una tendencia dominante, adquieren una importancia particular y presentan al mismo tiempo una gran dificultad. En este caso, paralelamente a un trabajo de análisis y de cálculo, el recurso a la apreciación de expertos, con frecuencia bajo forma de encuesta, es inevitable.

Según el carácter y la duración de la acción de tales o cuales tendencias económicas (de lo cual se ha hablado más arriba), la previsión de la economía nacional puede ser a corto plazo (1-3 años), a medio plazo (4-7 años) o a largo plazo

(hasta 20-25 años). Las previsiones de la economía nacional deben contener un estudio de los procesos con "duración de vida" diferente... La coordinación de tales procesos en la previsión constituye la condición de la coordinación ulterior.

La segunda etapa del establecimiento de las previsiones, la modelización, permite combinar los métodos directos de cálculo de los diferentes índices y las evaluaciones de expertos, con los procedimientos de extrapolación de los procesos permanentes y de previsión de los procesos accidentales que describen la dinámica de las características cuantitativas y cualitativas. Puesto que los procesos económicos no son de carácter determinado, sino estadístico, la previsión implica estimaciones que tengan carácter de probabilidad (construcción de "intervalos de fiabilidad") de la dirección, de la intensidad y del tiempo de acción de tales o cuales procesos. Además, a medida que nos alejamos del presente, la precisión de los procesos, siendo determinado un nivel de agregación, disminuye y el "dominio de dispersión" se acrecienta. Esto hace necesario el examen de leyes cada vez más generales, de modelos cada vez más globales.

El conjunto de los estudios provisionales no está llamado sólo a suministrar previsiones para las diferentes direcciones, problemas o aspectos del desarrollo de la economía nacional, sino también a coordinar, controlar estas previsiones, iluminar el cuadro general de los procesos económicos. Es extremadamente importante asegurar el control mutuo de las previsiones parciales en los niveles asociados de agregación, la comparación de los resultados obtenidos partiendo de hipótesis cualita-

tivamente diferentes por medio de métodos diferentes. El análisis de las causas de la no concordancia o de la no conformidad de previsiones parciales debe sacar a la luz la naturaleza real de las premisas de cada uno de los métodos y, en fin de cuentas, conducir a una gestión nueva, más general y más profunda. En la elaboración de las previsiones, habrá siempre una sucesión de etapas, un orden, una jerarquía determinada. Pero, si se observa una cierta autonomía de las diferentes previsiones, el problema de su coordinación no se limita a detallar o, por lo contrario, a reunir lo índices, sino a utilizar los materiales de una pre visión para elaborar otra. Modelos y métodos especialmente orientados para la corrección mutua de las previsiones son necesarios. Los métodos de simulación de la interacción de los aspectos de la economía objeto de previsión son los que más porvenir tienen, pero también son los menos elaborados. Estos modelos implican el análisis y la presentación en modelo de los procesos y del mecanismo de solución de las contradicciones reveladas y no solamente la adopción de soluciones partiendo del objetivo determinado.

Las dificultades de previsión de los procesos económicos provocadas por su multiplicidad, por el entrelazamiento de ligazones mutuas, por el carácter de probabilidad del desarrollo de los mismos procesos, permiten extraer la conclusión de que no existen métodos universales y absolutamente seguros de previsión a largo plazo. La utilización de un solo método significaría la reducción a un nivel uniforme de fenómenos y situaciones de un contenido diferente.

El proceso de previsión es un proceso de investigación. Por eso la descripción a priori del método de previsión bajo forma de un esquema rígido y determinado es imposible. De ahí se desprenden dos conclusiones: primero, hay que adaptar continuamente los modelos utilizados, al nivel de conocimientos de los procesos objeto de previsión y a los problemas que se plantean en el curso de la previsión; segundo, la modelización misma es una fuente de información que hay que tener en cuenta en la medida que se elaboran las previsiones. Tomar esto en consideración exige la modificación consecuente de los modelos, o sea la "auto-instrucción" del sistema de los modelos.

La opción y la evaluación de las alternativas de desarrollo económico siguen el estadio de previsión "pasiva". El estadio de previsión "activa" implica la inclusión de informaciones suplementarias; primero: los objetivos; segundo: las alternativas del paso del hecho al objetivo comprendido no como una magnitud deseada de índices cualesquiera, sino como la descripción compleja del estado perspectivo de la economía nacional; tercero: las comparaciones de las diferentes vías del desarrollo económico. La tarea de este estadio de la previsión consiste en el análisis de la acción posible sobre los procesos objetivos, de las modificaciones conforme a los objetivos sociales y económicos de la sociedad socialista y en la determinación de la estrategia de la política económica para realizar estos cambios.

El estadio de la previsión "activa" implica la elaboración de dos tipos de modelos: modelos de planificación de la política económica con los que

se elaboran los objetivos, las vías y la estrategia del desarrollo económico, y modelos de toma de decisión con los que se efectúa la investigación de la variante óptima del desarrollo económico de conformidad con los objetivos determinados y la estrategia definida. En el estadio de la previsión "activa", la motivación de las direcciones y vías posibles de desarrollo económico adquiere la mayor importancia. Este trabajo consiste en el establecimiento de las tareas que conviene resolver en el curso del periodo objeto de la previsión: eliminación de una desproporción o de una tendencia desfavorable que se ha manifestado en el presente; realización de un nivel determinado de producción en algunas ramas; elevación del nivel de vida hasta el nivel establecido; solución de un problema social y económico complejo, por ejemplo, problema de la vivienda o de la mecanización de todos los trabajos penosos. Es extremadamente importante que la opción de los objetivos y vías del desarrollo económico no sea exterior a los procesos objetivos, sino que se desprenda de las condiciones económicas reales, corresponda a los problemas llegados a la madurez, tenga en cuenta las posibilidades reales de su solución. En este sentido, la elección de los objetivos no puede ser subjetiva, ella misma debe ser objeto de un motivo científico. Desgraciadamente, es precisamente esta dirección del trabajo económico la que no está absolutamente desarrollada en nuestro país.

Una vez planteadas las tareas, hay que determinar lo que costará la solución de cada una de ellas y esto teniendo en cuenta los plazos, ya que la reducción de éstos aumenta habitualmente los gas-

tos necesarios. Cuando los recursos económicos son reducidos, se debe establecer una "escala de preferencia", es decir, el orden en que deben ser resueltos los diferentes problemas económicos. Es evidente, claro está, que es preferible resolver simultáneamente y en los plazos más breves el problema de la vivienda y el problema de la alimentación, de la mecanización de los trabajos penosos y de la electrificación completa de la agricultura. Pero la solución rápida de un problema alarga los plazos para la solución de otro problema. Por eso hay que conjugar los plazos y el orden en el que son aplicadas las medidas económicas, con la opción de una estrategia determinada del desarrollo económico. En este estadio de previsión, los procesos objetivos, las metas (criterios) del desarrollo. los métodos de acción sobre la economía deben ser semejantes a sus resultados. Aquí, la economía nacional está considerada en toda su complejidad y en su máxima aproximación con el proceso real de reproducción.

Así, en el proceso de la elaboración de las previsiones económicas aparece una multiplicidad de problemas teóricos, metodológicos y estadísticos aún no resueltos. Los más importantes y los más urgentes de entre ellos son, en nuestra opinión: la construcción de un sistema general de previsiones económicas que abarcaría todos los aspectos de la reproducción en su unidad, aun manteniendo una cierta autonomía; la concentración de los esfuerzos fundamentales sobre el trabajo analítico que esclarezca en toda su complejidad y carácter contradictorio los procesos reales y las tendencias del desarrollo de la economía socialista; el perfeccio-

namiento de la información estadística más próxima de la realidad económica; la adaptación de los instrumentos económico-matemáticos al contenido y a la cronología de las previsiones.

Helmut Koziolek

ASPECTOS ECONOMICOS DEL PLAN DE DESARROLLO DE LAS CIENCIAS

En nuestra época,* la competencia entre el capitalismo y el socialismo se decide en el plano de la producción material. Los trabajos del plan perspectivo tienen como meta crear condiciones que permitan a la República Democrática Alemana ser un Estado industrializado moderno, gracias a la realización de los imperativos de la revolución técnica. Esto es absolutamente necesario para triunfar en la competición económica y para mantenerse entre los países más avanzados en cuanto a la producción y el nivel de vida. Tal es la contribución de nuestra República a la lucha del mundo entero por la paz y el progreso histórico.

Este objetivo no podrá ser alcanzado sino con el aumento de la producción y la eficacia de nuestro desarrollo económico. La condición fundamental de tal evolución reside en la realización de la revolución científica y técnica en nuestra República. Es necesario, por consiguiente, hacer progresar prioritariamente las ramas de la economía nacional que son decisivas para el progreso científico y técnico. Las directrices del plan perspectivo preveen,

* El presente texto tiene como origen una conferencia dictada por el profesor Koziolek ante los miembros del cuerpo de enseñanza de la Universidad Humboldt de Berlín, y que el autor ha retocado.

pues, las medidas indispensables para orientar bien nuestra economía nacional.

1o. *La ciencia, en tanto que fuerza productiva, es un factor decisivo de la eficiencia de la economía nacional.*

El plan perspectivo para el periodo que se extiende hasta 1970 dedica una importancia primordial a la progresión de las ciencias, ya que los resultados de la investigación hoy en día determinan el nivel y la eficiencia de la producción de mañana. Es por lo que se ha previsto un plan de desarrollo de las ciencias del que se han establecido ya las líneas generales. Este plan es, de hecho, el centro del plan perspectivo.

En el curso de la segunda sesión de la Comisión del Buró político del Comité Central del Partido Socialista Unificado de Alemania (SED) y del Consejo de Ministros de la R.D.A., dedicada al establecimiento del plan perspectivo hasta 1970, Walter Ulbricht ha hecho notar:

> "Con las directrices del plan de desarrollo de las ciencias en la R.D.A., empezamos a concentrar nuestra capacidad de investigación sobre los principales problemas del plan perspectivo y por lo tanto sobre el progreso científico necesario para la evolución rápida de las ramas dirigentes de la economía. Esto conduce igualmente a una especialización en el dominio de la producción intelectual correspondiendo a las exigencias y a las posibilidades de nuestra economía nacional".

Queremos aplicar hoy tan rápidamente como po-

sible los últimos resultados de la ciencia a la producción, ya que es para nosotros un elemento esencial del progreso de nuestra economía nacional. Precisamente de estas consideraciones parten nuestros análisis en la Comisión del Plan de Estado. En este terreno, nos sentimos decepcionados de no haber podido todavía medir suficientemente esta eficiencia, y allí donde podemos medirla, debemos observar que este efecto es todavía relativamente débil en numerosos terrenos esenciales para la progresión de nuestra economía. Pienso aquí en el efecto propiamente dicho. ¿Cuáles son las causas?

Una causa esencial reside en la concentración todavía insuficiente de las fuerzas productivas, en particular en la investigación y el desarrollo. Esta cuestión tiene igualmente una gran importancia para las universidades. Aquí, el problema no consiste sólo en concentrar los temas de investigación siguiendo la orientación del desarrollo de las ciencias y las metas a alcanzar. En la R.D.A. es absolutamente necesario concentrar también las mismas fuerzas de investigación.

Sería falso creer que con el plan que se halla actualmente en estudio para la investigación en las ciencias de la naturaleza, la técnica y la economía, hayamos resuelto ya todos los problemas de este orden. Es necesario reflexionar seriamente aun en la persecución de la concentración de la investigación y del desarrollo.

Un segundo problema nos preocupa: la consecución de la transformación de la estructura material de la economía nacional, siguiendo los imperativos fundamentales del progreso científico y técnico que

se revelan por la progresión prioritaria de las ramas adelantadas de la economía nacional, debe corresponder a los imperativos de la reproducción socialista ampliada intensiva. Es necesario, pues, poner a punto una producción cuya calidad, el precio de coste y el surtido correspondan a las exigencias del aumento de la eficacia de las inversiones, de progresión de la rentabilidad de las exportaciones y de la persecución para mejorar el abastecimiento de la población.

El problema clave, decisivo para este aspecto de la cuestión y sobre el cual no tenemos aún una concepción absolutamente clara, consiste en asociar estrechamente y de una manera real la investigación, las inversiones y los problemas tecnológicos que se desprenden de la determinación del tiempo que separa un proyecto de inversión de sus primeros efectos productivos (*Zeiteffekt*). Nuestra tarea consiste en velar, en el curso del establecimiento y de la realización del plan, por la unidad entre los objetivos esenciales establecidos para la investigación contenidos en el plan, y la progresión económica correspondiente, gracias a una determinación correcta de los plazos. Es, claro está, una tarea muy difícil. El objetivo buscado consiste en reducir al mínimo el plazo que separa los trabajos de investigación que han sido ejecutados y terminados y su aplicación en la producción.*

Pero si reconocemos que el progreso científico y técnico y la progresión de las ramas esenciales de la economía nacional deben formar un todo, hay que reconocer también que el grado y la progre-

* Es el problema que se indica aquí bajo el nombre de investigación-desarrollo; en abreviatura, la I-D. En lo sucesivo utilizaremos esta sigla.

sión de los conocimientos científicos constituyen la base de toda evolución económica y que el nivel económico de avanzada en el mundo, en la época de la revolución técnica, se identifica igualmente con el nivel de avanzada de la ciencia, en los terrenos donde concentramos nuestra actividad.

Si, por otro lado, sabemos que los rasgos esenciales de la evolución social son planificados, en régimen socialista, por los organismos de la sociedad, es decir, que pueden ser calculados de antemano sobre una base científica para ser orientados hacia una meta, resulta que el plan de desarrollo de las ciencias representa un elemento decisivo de la planificación perspectiva de la evolución económica. Una planificación exacta, buena organización y un trabajo colectivo de investigación no limitan de ninguna manera la libertad científica y la iniciativa creadora de cada investigador; al contrario, les ofrecen ventajas tales como mejorar las condiciones de trabajo experimental. El hecho de ser liberado de los trabajos de organización, y serles entregados mayores medios para las discusiones científicas, les evitan la obligación de tener que adquirir conocimientos extraños a su profesión y garantizan el establecimiento de fronteras entre diversas disciplinas científicas.

Con la ayuda del plan de desarrollo de las ciencias, queremos acceder al más alto nivel de conocimiento de la ciencia y de la economía en los terrenos que mejor correspondan a las posibilidades de la R.D.A., y queremos asegurar la realización de las condiciones materiales y financieras necesarias.

La cuestión esencial a la que hay que encontrar

una solución es la de la concentración y puesta en obra del progreso científico necesario para el desarrollo de las ramas dirigentes de nuestra economía nacional. El progreso científico exige en primer lugar una investigación exploradora y fundamental orientada hacia un cierto objetivo, y ahí la planificación es la tarea más difícil.

Algunos colegas consideran que un plan perspectivo, concebido y confirmado una vez para todas, es un programa rígido con insuficiente flexibilidad para tener en cuenta exigencias de la evolución impetuosa de la ciencia y de la técnica. Este temor no tiene en absoluto fundamento. El plan no es un dogma. Si, en el curso del periodo de aplicación del plan perspectivo, se hace necesario examinar nuevas orientaciones y nuevos terrenos de trabajo sobre la base de resultados científicos o de conocimientos determinados que deben, absolutamente, ser tenidos en consideración en interés de la economía nacional, la flexibilidad de la planificación debe permitir responder a estas exigencias.

La revolución técnica y la importancia acrecentada del plan de desarrollo de las ciencias plantean, por otro lado, nuevos imperativos a la planificación y a la gestión de la economía nacional. Es evidente que el crecimiento del papel de la ciencia, el hecho de que ésta constituya una base esencial para el establecimiento del plan, la progresión de toda la sociedad, crea exigencias nuevas para la planificación y la gestión de la economía nacional. Esto significa que conviene tener en el futuro, más que en el pasado, un conjunto de conocimientos profesionales más exactos y mejor coordinados unos con otros.

2o. *Programas y concepciones científicas y técnicas, nuevos instrumentos de la planificación.*

Tratamos de formular en programas y proyectos científicos y técnicos el plan de desarrollo de las ciencias que no conciernen a la investigación fundamental. Los programas son dos elementos esenciales de nuestra planificación y corresponden a una más fuerte unidad de los estadios de la producción. Esto significa que la planificación científica nos obliga a una planificación más completa, más estrechamente ligada a los estadios de la producción que en el pasado.

El contenido de los programas consiste en determinar la evolución científica y técnica para llegar al nivel de avanzada en una rama industrial, en determinar las transformaciones previstas en esta rama industrial, en considerar sistemáticamente las condiciones necesarias para asegurar la progresión, en determinar lo que será utilizado en la rama y lo que debe ser realizado por las otras ramas de la economía nacional. Estos programas deben al mismo tiempo fundamentarse sobre la evaluación a largo plazo de la evolución de las fuerzas productivas, sobre todo en las ciencias de la naturaleza y la técnica, y contribuir a ponerlas en acción y a precisarlas.

Esta planificación programada es, sin embargo, extremadamente complicada. Debemos establecer en estos programas, por mucho que conciernan a la industria, las exigencias que se plantean a la investigación, a la política de inversiones, a la calificación del personal y al estudio de las salidas de los artículos suministrados por la rama indus-

trial en cuestión. Esta previsión alcanza un periodo de tiempo de diez años y más.

Es evidente que la evaluación del progreso técnico y científico en los programas, la investigación de la utilidad de estos programas, que deben seguir siendo al mismo tiempo de una gran flexibilidad (pues, por supuesto, no es posible prever de manera rígida la evolución sobre un largo periodo), es una tarea compleja. Cuando, a continuación, queremos detallar el plan de desarrollo conjunto de las ciencias entre las diferentes ramas industriales, se trata de una etapa aún más difícil.

Sin la cooperación activa y extensa de los investigadores, una planificación tan vasta no es posible. Lo que es nuevo en el método actual de establecimiento del plan perspectivo para la investigación en las ciencias de la naturaleza, la técnica y la economía, etc., consiste precisamente en la participación para su establecimiento de un gran número de sabios, de investigadores, de ingenieros, etcétera, lo que es también una expresión de la democracia socialista. A este respecto, conviene señalar que estos nuevos instrumentos de la planificación no se enseñan actualmente a los estudiantes o, si se hace, es en una medida insuficiente. Debo subrayar que estas cuestiones deberían desempeñar un gran papel no solamente en la formación de los economistas, sino también en la de algunas especialidades de las ciencias de la naturaleza y de la técnica. Nuestros estudiantes deben ser iniciados en estas nuevas formas de gestión o de planificación científica. Por consiguiente, se servirán tanto más fácilmente de estos instrumentos en la práctica.

He discutido de este tema con los estudiantes, por ejemplo, con los secretarios de la F.D.J. (Juventud Libre Alemana) de las Universidades y he podido comprobar que estos estudiantes no conocían las formas modernas de la planificación científica y de la planificación por ramas industriales. Esto significa que estos estudiantes no están suficientemente preparados en esta parcela de su futura actividad. Es una grave laguna. Considero que iniciarlos en los instrumentos modernos de la planificación constituiría ya para ellos una importante preparación para la investigación industrial.

Estimo también que la Universidad no debería dar una formación de base demasiado especializada. En este sentido se ha tomado, igualmente, posición, en el Comité de investigación. No es casual que esta concepción sea hoy casi unánimemente compartida por los profesores de la enseñanza superior. A pesar de este carácter de la formación de base, debemos, no obstante, partir del hecho de que la gran mayoría de los estudiantes ocupará más tarde puestos en la industria (investigación, tecnología, mercado, etc.), la agricultura y en otros sectores de la economía nacional. Es necesario, pues, prepararlos para esta actividad.

Numerosos estudiantes en ciencias, numerosos alumnos de ingeniería ocuparán más tarde puestos en los organismos de gestión de la industria. La proporción actual de estudiantes formados en el terreno de las ciencias de la naturaleza y de la técnica que se encuentran en estos órganos de dirección es aún más débil. Estoy convencido que los estudiantes deben familiarizarse hoy con las formas de planificación, de cálculo del beneficio, etc.

Naturalmente, mis concepciones se refieren sobre todo a las ciencias de la naturaleza, a la técnica y a la economía.

El segundo instrumento que hemos puesto a punto está constituido por lo que se llama las concepciones científicas y técnicas. Lo que hemos indicado anteriormente se aplica todavía más a esta forma de planificación. La progresión técnica y económica de los grupos de productos importantes y de los artículos esenciales está determinada por estas concepciones científicas y técnicas. Reúnen todos los factores que son necesarios para asegurar una progresión a largo plazo de los diferentes productos, empezando por la investigación científica y el desarrollo (I-D) pasando por la determinación de los procedimientos de fabricación, la determinación de los precios de coste para terminar en los beneficios. Los programas conciernen a una rama entera; las concepciones científicas y técnicas están determinadas por grupos de productos y para los principales artículos.

Pero encontramos aquí la misma situación que anteriormente. La preparación sistemática de los estudiantes en esta materia es absolutamente insuficiente en la actualidad. Considero que obtendríamos grandes beneficios en la práctica si los estudiantes pudiesen adquirir estos conocimientos económicos de base ya en el cuadro de una formación de conjunto. Debemos actualmente habituar a los estudiantes a servirse de los instrumentos modernos de cálculo, para prepararlos mejor de cara a su futura actividad.

3o. *Necesidad de una planificación de la ciencia.*

Partiendo de la importancia creciente del papel de la ciencia para la determinación de la estructura del proceso de reproducción en la economía nacional, se recurre cada vez más a la planificación de las ciencias, a su organización y a su ligazón directa con la producción. El ritmo, la calidad y la eficacia de la investigación dependen esencialmente de la calidad de la planificación de la investigación científica.

La planificación de las ciencias tiene ciertas particularidades y es muy complicada: se trata aquí de un trabajo intelectual creador. Los resultados no se conocen siempre en detalle, en el momento de la previsión. Por eso la planificación tiene el carácter de una determinación de objetivos; disponemos hasta el presente de pocos índices de desarrollo, de tal modo que naturalmente se presentan dificultades en el momento de la síntesis. Además, la forma de planificación está determinada por cada materia estudiada. El plan de desarrollo de las ciencias debe tener en cuenta el hecho de que la ciencia es hoy un elemento de los más revolucionarios en la evolución de la producción material de base. Conviene tener una actitud resueltamente dinámica para alcanzar esta meta. Pero rehusar la planificación de las ciencias significaría renunciar del todo a la dirección activa de la investigación y del desarrollo (I-D), conforme a los imperativos del proceso de reproducción.

Digo con mucha claridad que es necesario tratar la investigación en calidad de inversión. Esto, naturalmente, es una imagen. No saldremos del círcu-

lo en el que nos hallamos parcialmente encerrados, si no disponemos la investigación científica y el desarrollo (I-D) en cifras, como lo hacen los institutos de investigación industrial.

Esto plantea problemas particulares, por ejemplo, el de la estructura de los precios para los estudios de investigación, etc. Pero sólo cuando adoptemos una tal posición utilizaremos eficazmente la ciencia. Esto supone, naturalmente, la realización de un cierto número de condiciones que deben reunir los jefes de empresas y los directores generales de las VVB (Unión de Empresas Nacionalizadas). Los directores de las ramas de industria o los utilizadores de la investigación científica deben comprender el valor de la investigación y deben influir en su evolución fijándole tareas apropiadas. Es, pues, un proceso de dos aspectos.

Nuestro análisis sobre la evolución de la investigación industrial, por ejemplo, en los Estados capitalistas industrializados, muestra que la investigación en los sectores industriales es, propiamente dicho, tratada muy severamente. A pesar de las posibilidades de estudios y de los buenos salarios, los investigadores se hallan enteramente sometidos a las órdenes y a los intereses particulares de la dirección de estos monopolios industriales capitalistas.

Recientemente he participado en un congreso sobre la producción en Viena. En el fondo, apenas se ha hablado de la investigación. Se ha tratado sobre todo del *marketing*, de las cuestiones de planificación y organización. Cuando hemos preguntado a los participantes del congreso por qué se hablaba relativamente poco de las cuestiones de

investigación científica, los directores o los profesores que representaban este sector nos han contestado:

> "Pero comprendan bien que esto forma parte, naturalmente para nosotros, de los problemas de *marketing* y de planificación. Es nuestro activo más seguro, que hemos incluido inicialmente y por lo cual no tenemos ya necesidad de hablar en detalle. Sin tener en cuenta este factor, todo es absolutamente imposible. Es la base de la que partimos siempre en las cuestiones de planificación y de *marketing*."

Continúo intencionalmente sobre este tema, ya que estoy seguro que debemos formar a nuestros estudiantes de las universidades en la investigación de la eficacia máxima, alentando la investigación fundamental. Considero que esto es totalmente posible.

Se trata, naturalmente para los monopolios, en sus acciones e intenciones, de obtener ganancias suplementarias y, por lo mismo, el dominio de los mercados. Nuestra acción parte de la necesidad de transformar sistemáticamente el modo de vida de los hombres liberados de la explotación. Esto exige una planificación muy amplia y previsiones muy extensas, una movilidad suficiente para no realizar ningún trabajo inútil, pero quiere decir igualmente que, en interés de la progresión de la sociedad socialista, debemos ser siempre guiados por la consideración de la eficacia.

Según mi parecer, la economía política del so-

cialismo debe ser igualmente orientada hoy en el sentido de una enseñanza de la eficacia, que muestre verdaderamente a nuestros estudiantes que nuestras condiciones sociales no serán mejoradas si no aumentamos la eficacia garantizando por completo la seguridad y la progresión de las posiciones sociales adquiridas. Pero en último análisis, no se puede obtener este resultado sino poniendo en práctica las concepciones arriba mencionadas.

Debemos, pues, exigir que el estudiante sea formado en un sentido más concreto, que aprenda a captar más exactamente el objetivo, es decir, la utilidad de la ciencia que estudia.

4o. *Necesidad de la concentración de la investigación y del desarrollo (I-D).*

Se sabe que el problema central de la investigación consiste en garantizar un progreso científico suficiente y en aumentar la eficacia de la investigación y del desarrollo (I-D), tratar de obtener el nivel científico y técnico más elevado. Respecto a esto, la investigación y el desarrollo (I-D) están estrechamente unidos el uno al otro. En lo que concierne a la progresión de la investigación fundamental, condición importante del progreso científico, y la concentración de la investigación y del desarrollo, factor esencial del aumento de la eficacia de la investigación científica y del desarrollo (I-D), encontramos aún en nuestro país lagunas. A lo largo de las deliberaciones de la comisión del plan perspectivo citadas al principio de este estudio, Walter Ulbricht ha expuesto claramente que:

> "No podemos hoy permitirnos hacer investigaciones en todos los terrenos, ya que entonces no podríamos seguir el ritmo del progreso científico y técnico. Un gran número de investigadores lo han comprendido ya. Y ellos mismos han sometido proposiciones para trabajar prioritariamente sobre ciertos sectores esenciales y concentrar sus capacidades sobre estos sectores. Según el Comité de investigación, es ahora necesario orientar las capacidades de investigación sobre los puntos más importantes del plan perspectivo y dar nuevas misiones a los investigadores que, hasta ahora, no habían trabajado en tales temas."

Si es ya difícil determinar las orientaciones principales de la ciencia y de la técnica para la progresión de nuestra economía nacional, entre ellas las orientaciones que garantizan una eficacia económica elevada, es todavía más complicado aplicar estas orientaciones una vez reconocidas válidas y definir las tareas en torno a las que no se deberá trabajar más en el futuro.

Aquí, nos encontramos frente a toda una serie de problemas ideológicos a los que debemos aportar una solución.

En la R.D.A., siguiendo el plan de la nueva técnica, aproximadamente 17.300 temas de investigación deben todavía ser determinados. Este gran número oculta una enorme dispersión de sujetos y fuerzas. Esta diseminación ha impedido que la ciencia se convierta verdaderamente en el punto de partida que permita garantizar la realización de

los objetivos a largo plazo de nuestra economía nacional.

Se encuentran centros de investigación y de desarrollo (I-D) donde nadie trabaja sobre un tema. Algunos considerarán seguramente que esta situación no es trágica pretendiendo que, para la mayoría, se trata de investigaciones menores, Luego, de hecho, esto demuestra una tendencia de base totalmente errónea.

Naturalmente, esta situación repercute igualmente sobre la duración de estudio de los temas de investigación en cuestión. La duración de estudio y de desarrollo de los temas, en la industria del grifo de la R.D.A., por ejemplo, es de una media de tres años, contra un año y medio a dos años en Suecia. ¡Hay que imaginarse lo que significa un año de adelanto!, e inversamente: un año le retraso, en tales sectores, puede hoy arrastrar una pérdida de mercados.

El Dr. Weiz, secretario de Estado para la investigación y la técnica, ha declarado al respecto en el curso de la 5a. sesión plenaria del Comité de Investigación de la R.D.A.:

> "No basta reconocer la necesidad de la concentración y conformarse con hablar de ello para mostrar que nos hemos adaptado a las exigencias del tiempo. Sólo los hechos que sirven a nuestra República son decisivos.
>
> La elección juiciosa de las tareas planteadas a los sectores de las ciencias de la naturaleza, elección que debemos hacer con prioridad, es una condición de la concen-

tración; el criterio que guía esta elección debe ser la garantía del progreso científico, en particular para las ramas principales de nuestra economía nacional."

Investigadores en el dominio de las ciencias de la naturaleza han fijado tres principios de selección esenciales:

—se debe ejecutar por prioridad los trabajos de la investigación fundamental orientada cuya solución garantiza el progreso científico, en particular en las ramas principales, así como los trabajos de investigación que sirven a la protección de la salud pública;
—se deben ejecutar los trabajos de investigación que corresponden a la evolución de la estructura económica de la R.D.A. y cuya realización en el futuro se juzga posible y ventajosa;
—se deben ejecutar los trabajos de investigación cuando, sobre la base de proyectos a largo plazo, se reconoce que los resultados de estos trabajos tendrán una gran importancia para la R.D.A. y que, gracias a la concentración de las fuerzas, se podrán obtener rápidamente resultados valederos sobre el mercado internacional.

En este orden de ideas, conviene igualmente hacer progresar aún las posibilidades de la cooperación internacional (en particular entre los países del Consejo de Interayuda Económica) en los dominios de la I-D, en los que se debe realizar una concentración provechosa para cada país.

Debemos comprender bien que no llegaremos a

tener verdaderamente en cuenta la ley de economía de tiempo hasta que no busquemos sistemáticamente el ahorro de tiempo en el proceso de reproducción y, sobre todo, en las fases de la preparación científica y técnica. No me parece tampoco correcto que la exigencia del progreso científico sea interpretada de tal forma que los institutos de investigación se orienten únicamente hacia la investigación fundamental y que toda investigación sea concebida como un trabajo que apunta a conseguir un adelanto. El progreso sólo se pone verdaderamente en práctica en la producción cuando concierne a todas las fases o trabajo de I-D desde la investigación fundamental hasta el paso a la producción. En mi opinión, actualmente, se trata sobre todo de hacer progresar particularmente la investigación relacionada con los productos y procedimientos de fabricación para recuperar el retraso respecto al nivel mundial, retraso que existe todavía para un gran número de nuestros productos, y alcanzar un nivel de avanzada para los artículos de exportación más importantes y más rentables. Por eso la investigación científica no puede ser reconocida como verdaderamente creadora hasta que alcanza un nivel científico y técnico de lo más elevado, es decir, cuando sus resultados permiten realizar un progreso respecto al nivel técnico y económico internacional actual.

Y no se trata tampoco, para nosotros, de crear no importa qué progreso científico. El avance debe estar enteramente orientado hacia las necesidades de nuestra economía nacional. Un conocimiento exacto de la estructura de la economía nacional

y cada una de sus ramas particulares constituye, pues, una base esencial para orientar los institutos de investigación hacia los puntos cruciales de la economía nacional, hacia el objetivo que se debe alcanzar.

Para los investigadores, esto significa orientar de manera sistemática la investigación científica hacia esas necesidades. A este respecto, existe toda una serie de problemas complejos. No podemos aún sentirnos satisfechos del estado actual de concentración de las capacidades de investigación sobre los puntos principales de la economía nacional. El Consejo de investigación de la R.D.A. ha realizado ya lo esencial para modificar este estado de cosas.

En nuestro país, tenemos, por diversas razones, una muy amplia estructura de la producción. Sin entrar en los detalles, conviene mencionar que este hecho se debe especialmente a la división de Alemania y al deterioro de la estructura económica, que hemos podido superar gracias a nuestra tenacidad. Con todo, nuestra tarea, en el futuro, reside ciertamente en la progresión de la especialización y de la concentración económica, en unión con el progreso científico y técnico, a fin de alcanzar rápidamente un nivel de avanzada en algunos sectores. Pero esto sólo es realizable con una concentración paralela de la I-D en estos sectores. Existe una interacción.

Estoy seguro que si miramos más allá de 1970, necesitaremos en esta época una mayor especialización y una mayor concentración.

Me referiré en este orden de ideas al ejemplo japonés, que no conviene tampoco considerar de

manera esquemática. Los japoneses han, en efecto, conseguido alcanzar el nivel científico y técnico más elevado y determinar este nivel en dominios esenciales. Pero no lo han conseguido sino gracias a una concentración en la investigación y en la producción. Nosotros tampoco tenemos otra vía.

A continuación, conviene concebir claramente los sectores industriales por los que optamos, en el espíritu determinado por el VI Congreso del S.E.D. Esto supone a la vez una habilidad comercial y una concentración de las capacidades de investigación. Debemos, pues, poner en movimiento las fuerzas principales de manera sistemática para las diferentes ramas. Y debemos empezar ya hoy en esta vía, ya que investigación científica y producción no van necesariamente a la par. Hay que considerar la concentración sobre las ramas esenciales y en el seno de las ramas que servirán de motor a la reproducción intensiva.

5o. *La formación y el empleo de los cuadros determinan los resultados futuros de la investigación y de la producción.*

La calificación de los cuadros tiene una influencia decisiva sobre la eficacia de la I-D. A pesar del gran estímulo al empleo de cuadros salidos de las grandes escuelas, la R.D.A. no sostiene todavía en la actualidad un nivel comparable, en las ramas industriales principales, con los países industrializados más importantes por la proporción de cuadros salidos de la enseñanza superior. Debemos ser conscientes de este fenómno. Formamos ciertamente

un número importante de cuadros en las grandes escuelas, pero estos cuadros no son siempre empleados allí donde precisamente tenemos necesidad. Además, padecemos las pérdidas acarreadas por la acción de los imperialistas oeste-alemanes cuando la frontera estaba abierta.

Es un problema que presenta un doble aspecto: de un lado es un problema de educación de nuestros estudiantes, a fin de que se dediquen, sobre todo, a la investigación y a la actividad industrial (esto es igualmente valedero para la agricultura, los transportes, etc.). Pido que se me comprenda bien y que no se confunda esto con una especialización llevada al extremo en la formación, que es algo absolutamente diferente. Por otro lado, es un problema que concierne al director y su actitud ante los cuadros jóvenes que salen de las academias socialistas; es también un problema que se relaciona con el equipo industrial; es necesario que se halle efectivamente en condiciones de emplear juiciosamente los cuadros salidos de la enseñanza superior.

Gracias a la excelente política de enseñanza de nuestro Estado, el número de cuadros salidos de las academias aumentará considerablemente a lo largo del periodo de aplicación del plan perspectivo de la economía nacional. En este periodo de realización del plan perspectivo, nuestra sociedad dedica a este objetivo una gran parte de la renta nacional. Esto es extremadamente positivo, pero exige también que los dirigentes interesados se ocupen de manera consecuente de la cuestión de la integración de estos cuadros.

Todos los dirigentes de las grandes empresas in-

dustriales, todos los directores generales de las VVB (Unión de Empresas Nacionalizadas) y los jefes de los servicios de la I-D, deben modificar su actitud hacia los cuadros de dirección salidos de las academias y darse cuenta que la calificación, y de ahí, el progreso de sus establecimientos, depende en una gran medida de estos cuadros. Toda desconfianza hacia estos cuadros y toda ineptitud para emplearlos en la rama industrial que corresponde a sus posibilidades, causan pérdidas sensibles. Se trata, pues, aquí de un problema que presenta varios aspectos, pero cuyo factor determinante debe ser una enseñanza eficaz. El nuevo sistema económico de planificación y de gestión de la economía nacional tiende precisamente a lograr esta meta.

Una encuesta realizada en las ramas esenciales de la construcción mecánica da a nuestro país el siguiente cuadro: en, aproximadamente, el 20 por ciento de los puestos de I-D no se encuentra ningún cuadro salido de una gran escuela; en, aproximadamente, el 65 por ciento de estos empleos encontramos hasta cinco cuadros superiores. Pero no se trata solamente de cuadros salidos de las grandes escuelas empleados en los servicios I-D, sino también de la utilización de estos cuadros en la tecnología, los servicios de reparación, etc. En este terreno, la gran escuela asume también una tarea educativa de una gran importancia, y cada miembro de la enseñanza superior debería considerar que es su deber colocar juiciosamente a los diplomados.

En la formación y el empleo de nuestros cuadros, conviene poner particularmente el acento sobre la promoción de la mujer. No se trata aquí única-

mente de un aspecto político y moral, sino más aún de la utilización máxima indispensable de todas las fuerzas en personal. La amplia expansión de sus talentos y de sus capacidades en la ciencia y la técnica constituye una seria reserva de nuestra sociedad socialista y una contribución importante a la emancipación de la mujer.

El problema del personal no es, naturalmente, sólo una cuestión de empleo juicioso; es ante todo el problema del nivel de enseñanza. Me parece, a este respecto, que la formación de los estudiantes para que sean capaces de tener un pensamiento económico correcto, sobre todo en el dominio de las ciencias de la naturaleza, es extremadamente importante.

Sé que un gran número de investigadores en las ciencias de la naturaleza y la técnica tienen buenos conocimientos económicos. Los profesores de las ciencias de la naturaleza, los matemáticos y otros enseñantes deben insistir sin cesar en sus cursos sobre la necesidad de un sólido conocimiento económico. Una tal orientación de este orden, que venga de los representantes de las disciplinas especializadas, encuentra siempre una acogida favorable en los estudiantes. Estos cursos son muy importantes para el porvenir de los que estudian hoy.

Considero que prepararemos mejor a nuestros jóvenes estudiantes para la práctica, si en nuestra enseñanza los orientamos sin cesar hacia estos problemas, y no son ocasiones lo que falta. Debemos familiarizarlos con un mínimo de pensamiento económico. El mismo punto de vista es valedero para los ingenieros. Considero que los economistas ca-

lificados deben precisamente enseñar en las escuelas superiores técnicas a fin de que nuestros ingenieros reciban una formación suficiente. Naturalmente, lo que precede se aplica también a la agricultura y a muchos otros terrenos.

6o. *Aplicación del nuevo sistema económico a la investigación.*

Un problema muy importante del que depende la realización del plan de desarrollo de las ciencias, reside en la aplicación del nuevo sistema económico de planificación y de gestión de la economía nacional a la investigación científica. Se trata, de hecho, de un conjunto de problemas complejos relacionados con la autonomía contable, que no puede ser aplicado de manera idéntica en el terreno académico y en los institutos autónomos de investigación que trabajan como institutos de transición, por ejemplo, el Instituto de las Técnicas de Fabricación. Debe ser abordada diferentemente para los institutos que dependen directamente de los VVB. Pero lo esencial del problema sigue siendo el mismo para todos los sectores.

Walter Ulbricht ha observado, en el curso de los debates de la comisión del plan perspectivo:

> "Considerada bajo el ángulo del conjunto de la economía nacional, la fuerza productiva de la ciencia se manifiesta en el hecho de que si tenemos en cuenta una investigación fundamental sistemática orientada y un cálculo sumario de algunos resultados

negativos inevitables en la investigación, los medios puestos en acción en el terreno de la ciencia aportan y deben aportar un beneficio importante para la economía nacional. Debemos organizar la planificación, la gestión, la financiación de la I-D partiendo de esta relación que existe objetivamente en la economía nacional entre los gastos y los resultados del trabajo científico.

Quiero decir aquí una vez más y con mucha firmeza: la autonomía contable debe aplicarse en todos los casos de tal forma que no se obtenga simplemente más dinero para la satisfacción de los intereses materiales del individuo, sino que se obtenga obligatoriamente una ligazón más importante con los resultados de la investigación científica. La autonomía contable debe conducir a un aumento de la eficacia económica de las actividades del instituto. Es una cuestión muy importante en la utilización de las palancas económicas que, valederas para diferentes dominios, lo son igualmente para la investigación científica.

Además, ya sabemos que en otro tiempo existían en la investigación "estimulantes materiales" que, de ninguna manera, propendían a obtener un resultado o un provecho. Un tal sistema no es valedero. El suplemento de gastos dedicado al estimulante material debe de hecho corresponder a un beneficio.

No quiero discutir aquí el hecho de que es más difícil medir en la investigación fundamental que, por ejemplo, en la investigación industrial. Pero la

idea maestra es la misma en todas partes: el uso juicioso de las palancas económicas debe alentar los resultados materiales. La cuestión que se plantea es la siguiente: ¿es que esto sólo costará más dinero o, por lo contrario, el empleo de esta palanca estimulante aportará también mejores resultados? Nuestro Estado no puede gastar más dinero si verdaderamente no se logra una mayor eficacia. Y esta eficacia debe ser claramente precisable.

Este conjunto de problemas debería suscitar un mayor interés. Con la introducción de la economía contable, con una investigación de eficacia mayor, se debe igualmente hallar una solución juiciosa a este conjunto de problemas. Hay, naturalmente, toda una serie de problemas complicados por ordenar. Uno de estos problemas es la fijación de los precios económicos justos para los servicios de la I-D.

7o. *Mejora necesaria de la organización de la investigación.*

Un último problema importante me parece que es el de la coordinación verdadera de los trabajos de investigación, así como de la enseñanza a los estudiantes, de la coordinación y de la disposición a coordinar que se deriva del conocimiento del hecho que hoy la investigación no puede ser aislada.

El establecimiento del plan de desarrollo de las ciencias es un aspecto de ello. Pero también debemos poner a punto formas adecuadas de organización y de dirección de la investigación científica. Actualmente, dominan aún con frecuencia

métodos de trabajo individualistas, en lugar de una organización moderna y racional del trabajo científico que es absolutamente necesaria. Para seguir el ritmo del desarrollo internacional de la ciencia y de la técnica, es necesario formar para todas las ramas esenciales colectivos de investigación que sean capaces de un rendimiento elevado, y es necesario organizar la cooperación sistemática de estos colectivos.

Lo más importante no es saber si se organiza partiendo de un organizador científico o del sistema de los servicios. La forma de organización de la investigación debe estar sometida igualmente a las ventajas que puede proporcionar. La concentración y la coordinación no son sino los dos aspectos diferentes de una sola y misma cosa. Se reconocerá conmigo que el sistema no constituye sino un aspecto del problema; la verdadera coordinación es otra.

Es verdaderamente rentable reflexionar seriamente en las cuestiones de organización de la investigación. En el Instituto que dirijo, nos preocupamos de estas cuestiones en nuestro propio interés, ya que nosotros también buscamos la mejor forma de coordinación y de concentración de la investigación. La coordinación se presenta como un problema extremadamente difícil. La definición precisa de los temas y sus detalles de ejecución acarrean dificultades, particularmente en la colaboración con los enseñantes de las grandes escuelas, aunque contábamos firmemente en los resultados de esta colaboración. Frecuentemente, el trabajo de investigación de estos enseñantes, desde el punto de vista práctico, tiende a convertirse en

un "asunto personal". Nosotros tampoco hemos superado esta dificultad. Existe igualmente, en parte, una falsa orientación en la actitud que se adopta respecto a la investigación; por ejemplo, cuando no se conceden locales suficientemente amplios a los enseñantes para la investigación científica.

Hay que considerar claramente los hechos y ver, en particular, que en numerosas instituciones de enseñanza superior no hay más que un solo enseñante, o algunos solamente, que se dedican a algunos sectores de enseñanza. No se puede obtener hoy un resultado positivo en la investigación si se trabaja solo o incluso en pequeños colectivos. Es necesario, pues, partiendo de esta consideración, buscar las formas de la cooperación entre empresas para la realización de las tareas de la investigación científica. Solamente así se podrá garantizar una explotación efectiva de todas las capacidades de investigación existentes.

Este libro se terminó de imprimir el día 18 de agosto de 1973 en los talleres de Imprenta de Juan Pablos, S. A. Mexicali 39, México 11, D. F. Se imprimieron 2,000 ejemplares más sobrantes para reposición. Fecha de edición: 27 de agosto de 1973.

En la actualidad, el extraordinario desarrollo científico se ha convertido en un problema que no sólo preocupa al hombre de ciencia, sino a todo aquel que se interesa por el porvenir de la humanidad. Este desarrollo a la vez que constituye el instrumento más adecuado para resolver los acuciantes problemas del presente y del futuro, es a la vez un peligro real para la destrucción de la sociedad humana. Por ello, los problemas del desarrollo de la ciencia son motivo de tantas investigaciones. En este volumen se incluyen cinco trabajos que cada uno en su especialidad nos muestran la posibilidad de abordar los problemas de la previsión científica desde ángulos que vislumbran esperanzadoras perspectivas para la humanidad.